Beiträge

zur

Kenntnis der Aufnahme, Verbreitung und Assimilation

der

Nitrate

in landwirtschaftlichen Kulturpflanzen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer

hohen philosophischen Fakultät der Universität Rostock

vorgelegt

von

Theodor Wölfer
aus Neustadt (Holstein).

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Rostock.
Carl Boldt'sche Hof-Buchdruckerei.
1898.

Referent: Professor Dr. **Heinrich.**

Den Eltern!

Das Verhalten der Nitrate in den Pflanzen ist seit dem Beginn unseres Jahrhunderts, das vor anderen das „naturwissenschaftliche“ genannt zu werden verdient, Gegenstand regster Forschung auf dem Gebiete der Phytophysiologie gewesen. Unsere heutige Kenntnis desselben ist das Ergebnis einer Reihe wertvoller Arbeiten, welche sich besonders in den letzten Jahrzehnten vermehrt haben, und Zeugnis davon ablegen, dass man, auf den gewonnenen Grundlagen weiter bauend, von dieser Seite aus in der Erkenntnis der Entstehung der Amide und Proteinkörper in den Pflanzen einen Schritt vorwärts zu thun hofft. — Es würde aber in der That einer Lebensaufgabe entsprechen, das Verhalten der Nitrate in allen Einzelheiten, insonderheit das Wie? und Wo? der Verarbeitung zu organischer Substanz auch nur annähernd festzustellen und zu einem befriedigenden Abschluss zu bringen; denn es bedarf wohl nicht des Hinweises, dass mit diesen Studien die grössten Probleme des Pflanzenlebens aufs engste verknüpft sind.

Ich beschränke mich daher darauf, die Frage im engsten Rahmen zu behandeln, und im Folgenden zunächst eine gedrängte Übersicht über den heutigen Stand der Kenntnis des Verhaltens der Nitrate in den Pflanzen zu geben, um dann auf meine Untersuchungen überzugehen, welche da eintreten sollen, wo es mir eines weiteren Ausbaues zunächst zu bedürfen scheint.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552726_0037

Aus der hierher gehörigen Litteratur seien die Arbeiten von Jngenhouss, Lavoisier, Davy, Saussure, Liebig und Boussingault, Frühling und Grouven[1], Emmerling[2], Sorokin[3], Berthelot und André[4], Molisch[5], Wolff und Kreuzhage[6], Frank[7], Serno[8], Schimper[9] und P. Wagner[10] besonders hervorgehoben.

Es ist bisher noch nicht entschieden, ob neben den Nitraten auch Nitrite normalerweise in den Pflanzen vorkommen. Schönbein wies im Safte von Lactuca sativa und Leontodon taraxacum mittels angesäuerter Jodkalistärke salpetrige Säure nach; ebenso fand Tjaden Modder-mann[11] in 500 cc. Blutungssaft von Fuchsia Nitrite durch Jodkalistärke und Schwefelsäure, Ferrosulfat und concentrierte Schwefelsäure, Sulfanilsäure und Naphtylaminsulfat, Diphenylaminsulfat in concentrierter Schwefelsäure mit Fuchsineisessiglösung, endlich durch wässerige Lösung von Phenol und Merkuronitrat. In der die Pflanzen umgebenden Erde konnten nur Spuren Nitrit nach-

---

[1] Landwirtschaftliche Versuchsstationen VIII p. 471 u. IX 9 u. 150.

[2] Daselbst XIV p. 136 u. XXXIV 1.

[3] Botanischer Jahresbericht 1875 p. 871.

[4] Comptes rendus 98. No. 25 u. A.

[5] Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft 1883 p. 150 u. A.

[6] Landwirtschaftliche Jahrbücher XVI 1887.

[7] Sitzungsbericht d. deutsch. bot. Gesellsch. 1887 V. Heft 10 Landwirtschftl. Jahrbüch. XVII p. 421 u. A.

[8] Landwirtschaftliche Jahrbücher XVIII p. 877.

[9] Botanische Zeitung 1888 No. 5.

[10] P. Wagner, Forschungen auf dem Gebiete der Pflanzenernährung, I. Teil.

[11] Bot. Zentralblatt 34 p. 324.

gewiesen werden. Durch Kontrollversuche wurde die Möglichkeit, dass die Nitrite sich erst während der Ansammlung des Wassers gebildet haben könnten, ausgeschlossen. — Demgegenüber steht die von Molisch[1] geäusserte Ansicht, dass Nitrite, obwohl häufig im Boden vorhanden, in den Pflanzen nicht auftreten. In keiner der von ihm untersuchten 100 Pflanzen konnten mittels der Jorissenschen Reaktion[2], und mittels der Reaktion von Griess[3] Nitrite gefunden werden.

Die Verbreitung der Salpetersäure bezw. das verschiedene Speicherungsvermögen der einzelnen Pflanzenfamilien der Dicotylen hat in neuester Zeit Serno[4] einer Untersuchung unterzogen. Derselbe schliesst sich im wesentlichen den Ausführungen Franks[5] an. Zu den salpeterreichsten Familien gehörig haben sich die Malvaceae, Cruciferae, Papaveraceae, Chenopodiacaen, Convolvulaceae, Labiatae, Compositae und Urticaceae erwiesen. In der Familie der Papilionaceae ist Astragalus eine notorische Nitratpflanze, Lupinus luteus dagegen von Frank als eine Pflanze erkannt worden, welche fast niemals Nitrat enthält. Dasselbe ist der Fall bei den Mykorrhiza-Pflanzen der Coniferen, Cupuliferen, Orchideen, Ranunculaceen und Ericaceen. Auch in vielen autotrophen Holzpflanzen findet sich nur im Frühjahr Nitrat in den neugebildeten Saugwurzeln. Eine Ausnahme bilden, soweit bis jetzt bekannt, nur Sambucus und Vitis, welche bis

---

[1] Molisch: Über einige Beziehungen zwischen anorganischen Stickstoffsalzen und der Planze.

cf. Nickel: Die Farbenreaktionen der Kohlenstoffverbindungen p. 16.

[2] 0,01 Fuchsin: 100,0 Eisessig.

[3] Metadiamidobenzol und Sulfanilsäure — Naphtylaminsulfat.

[4] Landwirtschaftl. Jahrbücher XVIII 1889 p. 877; cf. auch die Arbeit von Berthelot, ref. in Biedermanns Zentralbl. für Agr.-Chemie XIII p. 858.

[5] Frank: Untersuchungen über Ernährung der Pflanzen mit Stickstoff. Landwirtschaftliche Jahrbücher XVII p. 421.

zum Herbst in den grünen oberirdischen Teilen reichlich Salpetersäure enthalten.

Betreffs des Ursprungs des Salpeters in den Pflanzen dürfte der schon von John[1] auf Grund seiner Versuche ausgesprochene Satz, dass alles gespeicherte Nitrat aus dem Boden stammt, entgegen der Ansicht, welche Liebig inaugurierte und welche Berthelot und André[2], sowie Pichard[3] später wiederum aussprachen, noch seine Gültigkeit besitzen. Wenn die französischen Forscher aus den bei Borago gefundenen 120 kg, und bei Amarantus 320 kg Salpeter pro ha folgern, dass solche Massen weder aus dem Boden, in dem sie präexistiert haben, noch aus der Atmosphäre in die Pflanzen gelangt sein könnten, dass also nur die Annahme übrig bleibe, dass sich die Salpetersäure im Pflanzenkörper bilde, ebenso, wie im Gewebeverbande stehende Zellen, Alkoholfermenten gleich, aus Zucker Alkohol zu bilden vermöchten, und dass also die Bildung dieser hochoxydierten Säure nur ein Teil jener den Zellen ganz allgemein zukommenden Eigenschaft der Bildung von Pflanzensäure sei, so stehen dem die Resultate entgegen, welche Molisch[4], Belzung[5] und Frank[6] durch exakte Versuche erhalten haben, und welche sich in die Sätze zusammenfassen lassen: Die Pflanzen haben mit Ausnahme einiger Bakterien nicht die Fähigkeit, aus Stickstoffverbindungen Nitrate zu erzeugen. Alles Nitrat stammt von aussen. Ein Überschuss kann

---

[1] John: Über die Ernährung der Pflanzen im Allgemeinen, und den Ursprung der Pottasche und anderer Salze in ihnen im Besonderen. Berlin 1819 pg. 186 ff.

[2] Berthelot et André: Sur la formation du salpêtre dans les végétaux.

[3] Pichard: Assimilabilité plus grande de l'azote nitrique des nitrates recemment formés.

[4] Botanisches Zentralbl. 31 p. 32 u. 154; cf. auch Biedermanns Zentralblatt für Agric.-Chemie XVI p. 393. Kreussler.

[5] Journ. de botanique 1893 p. 87.

[6] Sitzungsbericht der deutschen bot. Gesellsch. 1887 V Heft 10.

gespeichert werden[1]. Daraus folgt, dass in Keimpflanzen, welche sich in salpeterfreier Nährlösung entwickeln, kein Nitrat vorhanden sein kann. Molisch[2] fand in Lepidium sativum-Samen, welche in schwach salpeterhaltiger Gartenerde sich entwickelten, starken, in Keimlingen, denen Sägemehl mit Spuren von Nitrat als Substrat diente, entsprechend schwachen Nitratgehalt; die in destilliertem Wasser kultivierten Pflanzen waren nitratfrei.

Häufig ist bei der Keimung von Samen[3] eine Reduktion der Salpetersäure beobachtet worden. Kellner[4] fand bei der Keimung von Pisum sativum, dass die in der Flüssigkeit enthaltene Salpetersäure in den ersten Tagen reduziert wurde. Parallelversuche ohne Salpetersäure, bei welchen das ausgeatmete Kohlendioxyd bedeutend weniger betrug, gab zu der Vermutung Anlass, dass der freie Sauerstoff der zerlegten Salpetersäure zur Atmung verwendet worden ist[5].

E. Laurent[6] vermochte die Reduktion zu salpetriger Säure nicht nur durch keimende Samen, sondern auch durch Teile der erwachsenen Pflanze nachzuweisen. Da auch durch Alkohol, Äther oder Chloroform getötete fleischige Organe höherer Pflanzen in der Regel die Reduktion bewirkten, so sei diese nicht als eine Folge der Lebensthätigkeit dieser Organe aufzufassen, sondern man könne schliessen, dass in ihnen leicht oxydierbare Stoffe vorhanden seien, welche normaler Weise den Luftsauerstoff an sich ziehen, eventuell ihn aber der Salpetersäure ent-

[1] cf. Heinrich: Grundlagen zur Beurteilung der Ackerkrume p. 82.

[2] Bot. Gesellschaft 1883 p. 153.

[3] Jorissen: Über die angebliche Reduktion der Nitrate durch Keimpflanzen der Gerste und des Mais. Berichte d. chem. Gesellsch. XX p. 581.

[4] Just, bot. Jahresbericht 1876 p. 829.

[5] cf. Biedermanns Zentralbl. für Agric.-Chemie XVI p. 261 Stickstoffverlust in Pflanzen während des Keimens u. Wachsens von W. Atwater und Rockwood.

[6] Annales de l'Institut Pasteur 1890.

nehmen. In der That fand Laurent, dass gewisse Pflanzensäfte, z. B. derjenige der Wurzel von Vicia Faba, Nitrate energisch und schnell reduzieren. Boussingault's[1] Behauptung, dass die Pflanzen die Fähigkeit besitzen, im Dunkeln gebotene Nitrate unter Entbindung freien Stickstoffs zu zersetzen, ist nach Frank's[2] Untersuchungen dahin zu modifizieren, dass ein Stickstoffverlust sowohl bei Pflanzen, die in nitratfreier, als in nitrathaltiger Nährlösung gezogen sind, eintritt, und zwar in annähernd gleichen Mengen, sodass kein Grund zu obiger Annahme vorliegt. „Vielleicht lässt sich der Verlust durch einen Fäulnisprozess der abgestorbenen Cotyledonen, die noch nicht resorbierte Stickstoffverbindungen enthielten, erklären."

Trotz ihrer sonstigen Löslichkeit in Wasser werden Nitrate von der lebenden Pflanze energisch festgehalten. Das Protoplasma hält sie mit einer der chemischen Affinität[3] vergleichbaren Energie zurück. Aus abgestorbenen pflanzlichen Organismen dagegen kann Nitrat durch Wasser leicht ausgewaschen werden. Dass nur das lebensfähige Protoplasma die Nitrate zurückhält, wird dadurch bewiesen, das Chloroformdämpfen ausgesetzte Pflanzen sich in dieser Beziehung wie abgestorbene verhalten. Nach Demoussy wird wahrscheinlich das Protoplasma durch Chloroform contrahiert, und die osmotischen Eigenschaften der Zellen dadurch modifiziert. Derselbe Forscher[4] sucht durch Versuche mit Brassica und Zea-Mais die von ihm aufgestellte These zu erhärten, dass die Absorption der Nitrate durch die Masse des Protoplasmas geregelt werde und in direktem Verhältnis zu der stickstoffhaltigen Substanz der Pflanze stehe.

---

[1] Boussingault: Sur la dissociation de l'acide des nitrates pendant la végétation accomplie à l'obscurité.

[2] Frank: Untersuchungen über die Ernährung der Pflanzen mit Stickstoff und über den Kreislauf desselben in der Landwirtschaft.

[3] Demoussy: Les nitrates dans les plantes vivantes.

[4] Demoussy: Sur l'assimilation des nitrates par les végétaux. Cpt. rend. T. C. XIX p. 868—871.

Zur Ermittelung der Geschwindigkeit der Nitrat-Aufnahme bediente sich Serno[1] jugendlicher Phaseolus multiflorus- und Sinapis alba-Pflanzen in Wasserkultur. Bei letzteren war nach 45 Minuten an der Übergangsstelle der Faserwurzel in die Hauptwurzel, nach 1 Stunde bis zur Hälfte der Hauptwurzel, nach 3 Stunden im hypocotylen Gliede, nach 24 Stunden in allen Teilen der Pflanze Nitrat nachzuweisen. Bei Phaseolus multiflorus war das Resultat folgendes: Nach 2 Stunden war Nitrat an der Vereinigungsstelle von Haupt- und Nebenwurzel nachzuweisen, nach 8 Stunden bis zur Hälfte der Hauptwurzel und in allen Nebenwurzeln; nach 14 Stunden dasselbe reichlicher, sowie in Epidermis und Parenchym des oberen Teiles; nach 18 Stunden in der ganzen unteren Wurzel nach oben hin abnehmend und in den Blattstielgelenken; hypocotyles Glied und Stengel waren frei; nach 36 Stunden zeigte die Wurzel und das hypocotyle Glied sehr stark Nitrat, die Epidermis des Stengels und das 2. Blattstielgelenk Spuren davon, im 1. Blattstielgelenk des auf die Primordialblätter folgenden Stengelblattes war dasselbe sehr stark, im Blattstiel selbst schwach, nach 48 Stunden in allen Organen vorhanden.

Die Erklärung für die Thatsache, dass Nitrat im Blattstielgelenk eher als in tiefer liegenden Teilen auftritt, sucht der Autor teils in der schnelleren Verarbeitung in diesen Teilen, teils in der Speicherung zu Turgorzwecken in den Gelenken; erst wenn organische N-Verbindungen in genügender Menge in den tiefer gelegenen Organen vorhanden seien, könne auch hier eine Speicherung eintreten.

Die Geschwindigkeit der Nitratbewegung in den Gefässen ist als Massstab für die Bewegung des Transpirationsstromes benutzt worden. Pfitzer und Sachs benutzten dazu das Lithionsalz[2].

[1] Landw. Jahrbücher XVIII p. 895 ff.

[2] Von Bokorny (Botanische Gesellschaft 9 p. 2) wurde zu diesem Zwecke eine 1 ‰ Ferrosulfatlösung empfohlen, die durch salzsäurehaltiges Ferricyankalium noch deutlich erkennbar wird.

Während der Keimung der Samen repräsentiert das Zucker und Amide leitende chlorophyllarme langzellige Parenchym der Stengel und Blattnerven auch die Bahnen für die Nährsalze nach den Orten ihres Verbrauchs[1]. Mesophyll und Vasalteil der Gefässbündel enthalten gewöhnlich nur Chloride, nur bei besonders nitratreichen Substraten ist auch hier solches nachweisbar.

Die Speicherung des Überschusses erfolgt in den Parenchymzellen der Wurzel, im Rinden- und Markparenchym des Stengels, im Blattstiel und in den Blattrippen. Vegetationspunkte und reife ungekeimte Samen sind nitratfrei[2]. In Früchten ist es bisher nur in den grünen Fruchtschalen von Vicia Faba und Phaseolus multiflorus konstatiert worden[3]. Borodin und Monteverde sagen, gleichwie über das Vorkommen des Salpeters in den Pflanzen überhaupt nichts Bestimmtes ausgesagt werden könne, so seien auch die Beobachtungsresultate über die Verbreitung des Salpeters in den einzelnen Teilen der Pflanzen negative gewesen. Während bei den meisten untersuchten Spezies eine Anhäufung in den untersten Teilen sich vorfand, die nach der Spitze zu stetig abnahm, wurde von 10 untersuchten Exemplaren von Lamium album, L. purpureum, Galeopsis und Achillea in je einem Exemplar das Gegenteil gefunden. Nach Sorokin[4] ist die Verteilung in allen Perioden des Wachstums gleich. Die Anhäufung findet sich in abnehmender Stärke im

---

[1] cf. Schimper: Flora 1890 Heft 3 pag. 207.

[2] cf. Schimper: l. c. Die Anwesenheit anorganischer Phosphate und Nitrate im Samen ist ausgeschlossen.
Frank: Bot. Zentralbl. 34 p. 292.
H. u. E. Schultze: Landw. Versuchsstat. IX p. 444.
Sachsse: Farbstoffe, Kohlehydrate u. Proteinsubstanzen p. 112.

[3] Während des Winters scheint Nitrat bei den perennierenden Kräutern Dahlia, Asparagus, auch im Rhizom oder in Wurzelknollen aufgespeichert zu werden. (Frank l. c.).

[4] Botanischer Jahresbericht 1875 p. 871.

unteren Stengel, Blattstiel, in Wurzel und Blattspreite[1]. Frühling und Grouven[2] bezeichnen das Resultat ihrer Versuche über Auftreten und Verbreitung des Nitrates im Pflanzenkörper, angestellt zur Verwertung bei Nährwertberechnungen, ebenfalls als ein negatives. Im allgemeinen sei in der Jugendperiode die Speicherung eine grössere. Nach dem weiter unten zu erwähnenden Sorokinschen Versuch mit Polygonum erreicht der prozentische Nitratgehalt erst in der Fruchtbildungsperiode sein Maximum.

Über die Einwirkung des Lichtes auf die Speicherung der Nitrate liegt nur ein Versuch mit Blättern von Pelargonium zonale vor[3], so dass auch in dieser Frage weitere Experimente mit verschiedenen Pflanzenarten geboten erscheinen.

Ein auffallender Mangel an Gesetzmässigkeit macht sich nach den in der Litteratur vorhandenen Angaben über die Gewichtsmenge des Nitrates in den Pflanzen bemerkbar. Bei den mir vorliegenden Resultaten sind zum grossen Teil genauere Daten über Standort, Nitratgehalt des Bodens und die meteorologischen Verhältnisse nicht beigefügt. Es leuchtet ein, dass nicht nur jede Gattung oder Spezies, sondern auch die Individuen grosse Abweichungen nach Massgabe der Vegetationsbedingungen, unter denen sie sich jeweilig befinden, zeigen können. Im folgenden mögen einige Ergebnisse von Untersuchungen über den Nitratgehalt vorwiegend von Kulturpflanzen angeführt werden.

Bontin[4] fand in Amarantus Blitum 11,68 %, in Amarantus atropurpureus 22,77 % Kaliumnitrat auf Trocken-

[1] Cpt. rend. T. XCVIII. No. 25 Berthelot und André: „Die Salpeterquantität steigt mit den Oxydationsprozessen, welche hauptsächlich im Stengel sich abspielen, und fällt mit der vom Chlorophyll abhängigen Reduktion."

[2] Landwirtschaftl. Versuchsstationen VIII und IX p. 9 und 150 ff.

[3] Frank, „Physiologie" p. 569.

[4] Botanische Gesellschaft 1883 p. 152.

substanz bezogen. Bing[1] erwähnt in seiner Arbeit über das Vorkommen von Nitraten in einigen Rohstoffen, dass der Gehalt in 4 typischen Theesorten lufttrocken 0,022 bis 0,030 %, in rohem Kaffee 0,029 % betrug. Zahlreiche Analysen sind von Frühling, Grouven und Sorokin ausgeführt. Nach Letzterem betrug der Gehalt des Buchweizens in % der Trockensubstanz 12 Tage nach der Keimung 1,869 %, am 33. Tage (Blüte) 2,273 %, am 55. Tage (Fruchtbildung) 2,422 %, am 85. Tage (Fruchtreife) 0,325 %. Von Berthelot und André liegen nach der Schlösingschen Methode ausgeführte Untersuchungen vor. Danach enthielten:

		Salpetersäure im Stengel g	Salpetersäure in der Wurzel g	Salpetersäure in den Blättern g
0,610 g Trockensubst.	von Amarantus caudatus	0,0204	0,0039	0,0024
1,4195 „	von Borago officinalis	0,027	0,0026	0,0058
0,616 „	von Medicago sativa	0,00018	0,00	0,00
1,38 „	von Triticum sativum	0,0017	0,00031	0,00023
2,80 „	von Avena sativa	0,0032	0,0009	0,0011

Emmerling[2] fand in Blättern von Vicia Faba maj. zu keiner Periode Salpetersäure in nennenswerter Menge. Blüten, Stammknospen, Früchte, Samen und Fruchtstiele waren ebenfalls nitratfrei. Wurzel, Stengel und Blattstiel allein enthielten Nitrat, und zwar der Stengel in ab-

[1] Journal für praktische Chemie XXII 1880 p. 348.
[2] Landw. Versuchsstationen XXIV. pg. 113.

nehmender Menge nach oben. Von den Untersuchungen abgesehen, welche sich auf die Nitratverteilung in den verschiedenen Teilen der Versuchspflanzen beziehen, liegen von Emmerling folgende Angaben über Vicia Faba vor:

	Datum	Salpetersäure-N. in 100 Teilen Trockensubst.
Blattstiele	8./7.	—
„	23./7.	0,0101
„	22./8.	—
Stengel	13./6.	0,116
„	8./7.	0,0233
„	23./7.	0,0203
Wurzel	25./7.	0,0862

Wagner[1] fand bei Rübsen 6 % Nitrat. Einige Wochen später nur 3 %, während sich die Pflanzenmasse verdoppelt hatte, in der folgenden Zeit sank der Nitratgehalt auf $1^1/_2$ %.

Wulfert[2] giebt in seinen nach der Schulze'schen Methode ausgeführten Analysen folgenden Nitratgehalt auf KNO_3 berechnet in der Trockensubstanz an:

Humulus lupulus = 0,332 %
Triticum vulgare = 0,507 %
Secale cereale = 0,475 %
Solanum tuberosum = 0,435 %
Hordeum vulgare = 1,068 %
II = 0,743 %
III = 0,903 %

[1] P. Wagner: „Die Steigerung der Bodenerträge etc."

[2] Landw. Versuchsstationen XII p. 173. „Über die Bestimmung der Salpetersäure bei Gegenwart organischer Substanz."

Auch von wildwachsenden Pflanzen sind von Wulfert zahlreiche Analysen ausgeführt, allerdings in unregelmässigen Intervallen und an Pflanzen von verschiedenem Standort. Die ausserordentlichen Schwankungen, welche der Nitratgehalt von Carduus crispus zeigte (von Spuren bis zu 12 % der Trockensubstanz), liessen Wulfert von dem Versuch der Aufstellung von Gesetzmässigkeiten abstehen, und die Arbeit desselben hat weniger den Verfolg der Nitratkurve in den Pflanzen, als vielmehr den Nachweis der einwandfreien Anwendbarkeit der Schulzeschen Methode der Nitratbestimmung zum Gegenstand. In dem die Verarbeitung der Nitrate umfassenden Teil unserer Frage beruhen die Vorstellungen, die man sich von dem Verlauf dieses Prozesses macht, lediglich auf Hypothesen, ohne dass es bisher gelungen wäre, durch exakte physiologische Versuche einen Beweis für eine derselben zu erbringen. Serno[1], Kinoshita[2], C. O. Müller[3] u. A. nehmen als erstes Umwandlungsprodukt der Salpetersäure Amidoverbindungen an. Laurent[4] und Loew[5] glauben, dass dabei eine Reduktion zu Ammoniak stattfinde, welches sofort assimiliert werde, da die Pflanze eine Speicherung von Ammonsalzen ebensowenig vertrage, wie eine solche von Nitriten. Holzner[6] und später Emmerling[7] schreiben der Oxalsäure als einem Oxydationsprodukt der Proteinstoffe die Zerlegung der Nitrate zu, wobei freie Salpeter-

---

[1] Landwirtsch. Jahrbücher XVIII p. 897.

[2] Bot. Zentralblatt Bh. 1 Bd. II 1896.

[3] Landwirtsch. Versuchsstationen XXXIII 1886 p. 311—347.
c) Stoclasa, Studien über Assimilation elementaren Stickstoffs durch die Pflanzen ibid. XXIV p. 827.

[4] Bot. Zentralblatt Bh. 6. Bd. II 1892 p. 434.

[5] Sitzungsbericht des bot. Vereins München. ref. im Bot. Zentralblatt 42. p. 203.

[6] Flora 1864 p. 278, 1866 p. 413, 1867 p. 470 und 497, 1868 und 1869 p. 238.

[7] Landw. Versuchsstationen 1874 und Berichte der deutsch. chemischen Gesellschaft V. 1872 p. 780.

säure resultiert[1]. Wehmer kann auf Grund der Resultate seiner Arbeit: „Entstehung und physiologische Bedeutung der Oxalsäure im Stoffwechsel einiger Pilze“ der Oxalsäure nur eine bedingte Bedeutung zuschreiben[2]. — Zweifellos ist bei der Übertragung chemischer Vorstellungen und der aus chemischen Formeln abgeleiteten Berechnung auf physiologische Verhältnisse Vorsicht geboten, besonders da, wo eine Hypothese auf eine andere, anstatt auf physiologische Thatsachen sich gründet. Es sei mir erlassen, auf die nicht geringe Zahl von versuchten Erklärungen einzugehen, von denen ich nur eine

---

[1] cf. Strassburger p. 171. über die auf theoretischer Annahme fussende Vorstellung der Bildung der Oxalate:

$$C_6H_{12}O_6 + 2KNO_3 = C_4H_8N_2O_3 + K_2C_2O_4 + 2H_2O + 3O.$$

[2] Wehmer (l. c.): Die Oxalsäure ist ein allgemeines Umsatzprodukt, das unter Umständen unter sonst gleichen Ernährungsbedingungen von demselben Pilz gar nicht oder in ganz ausserordentlicher Menge erzeugt werden kann. Sie ist Nebenprodukt, doch nicht überall Endprodukt des Stoffwechsels, und muss als intermediäres Glied, welches unter Umständen zu einem Exkret werden kann, angesehen werden. Für die Annahme der Zerlegung nutzbarer Mineralsalze ergiebt sich keine sichere Stütze, und wir vermögen in mehreren Fällen das Gegenteil zu beweisen. Jene findet überall nach Massgabe des Konsums statt, und es ist dafür bedeutungslos, ob Oxalsäure entsteht oder nicht. Trotzdem besteht aber mehrfach eine interessante und nahe Beziehung der Oxalsäure zur Zersetzung nutzbarer Mineralsalze, indem sie eben in solchen Fällen, wo durch Konsum, insbesondere der Salpetersäure, Basis disponibel wird, mit dieser ein Oxalat bildet, die Säure in Salzform hingegen da fehlt, wo diese Beziehung nicht gegeben ist. . . . . Dass die Oxalsäure befähigt ist, da, wo sie in freiem Zustande auftritt, Salze anderer Säuren successive zu zersetzen, ist nicht zweifelhaft, und dies muss auch für Nitrate und Sulfate gelten, sofern die jeweilig freiwerdenden Spuren Salpetersäure durch Verbrauch oder Diosmose entfernt werden. . . . Wie aber eine Mineralsalzzersetzung von allen unseren Pilzen unter geeigneten Bedingungen auch ohne reales Oxalsäureauftreten zeigen konnte, so liegt eigentlich ein zwingender Grund, dieser für den Stoffwechsel der höheren Gewächse eine solche Rolle zuzuschreiben, nicht vor. . . . . Wir haben aber zu beachten, dass ein Zwang für Sättigung der Oxalsäure nicht besteht, da ein saures Phosphat etc. in gleicher Richtung wirken kann. Ohne

von O. Loew[1] als Beispiel derjenigen Annahmen, welche auf dem chemischen Experiment fussen, anführen möchte:

In Anbetracht der grossen Ähnlichkeit, welche viele physiologisch chemische Vorgänge mit katalytischen Wirkungen haben, versuchte der Autor, um Aufschluss über das Verfahren der Pflanzenzelle bei der Reduktion zu gewinnen, durch Platinmohr den Salpeter zur Reaktion mit organischen Stoffen in wässeriger Lösung zu veranlassen. „Die Wirkungen des Platinmohrs beruhen wahrscheinlich darauf, dass die Wärmeschwingungen im Platinatom eine Modifikation erfahren, dass diese Schwingungen sich dann den am Platin verdichteten Gasen mitteilen und von diesen auf andere Stoffe übertragen werden können." Da nun durch einen Schwingungszustand von einer gewissen Intensität Affinitätsänderungen herbeigeführt werden können, so könnte nach Loews Folgerung möglicherweise Salpeter mit Dextrose so reagieren, dass ersterer seinen Sauerstoff an letztere abgiebt, dafür aber Wasserstoff aus Dextrose an den Stickstoff des Salpeters geht.

Der Versuch Loews hat in der That ergeben, dass Ammoniak unter den erwähnten Bedingungen entsteht. 3,0 g Glykose mit 1,0 g Kalinitrat in 200 g Wasser gelöst und mit 110,0 g Platinmohr 6 Std. auf 60—70° C. erwärmt, ergab, dass 45,6 % des Salpeterstickstoffes in Ammoniak übergegangen war. Es sei hiermit ein mysteriös erscheinender Vorgang der lebenden Pflanzenzelle in einfacher Weise nachgeahmt. — Über die weitere Umbildung

---

entsprechende Experimente sind die sehr komplizierten Verhältnisse bei Phanerogamen nicht gut zu übersehen. — Beim etwaigen Konsum von Phosphorsäure aus dem Kaliumphosphat (KH_2PO_4), das Disponibelwerden freien Alkalis anzunehmen, ist vom chemischen Gesichtspunkte aus willkürlich, da nicht zersetzte Moleküle alkalibindend wirken und selbst noch solches vom zersetzten Nitrat aufnehmen können. . . . . .

Übrigens weise ich darauf hin, dass die Salpetersäure der Nitrate ganz irrelevant für die Oxalsäureentstehung ist. . . . . .

[1] Botanisches Zentralblatt.

zu Proteinkörpern sind Hypothesen von Hansteen[1], Sachsse[2], Emmerling[3] u. A.[4] aufgestellt worden.

Auch betreffs des Ortes, an welchem die Verarbeitung der salpetersauren Salze vor sich geht, sind verschiedene Ansichten zu registrieren. Borodin und Monteverde schliessen aus der Abwesenheit des Nitrates im Blattparenchym, dass dasselbe dort verarbeitet wird. Schimper[5] ist derselben Ansicht; er verlegt die Reduktion der Mineralsäuren in das chlorophyllführende Mesophyll. Zu

---

[1] B. Hansteen: Beiträge zur Kenntnis der Eiweissbildung und der Bedingungen der Realisierung dieses Prozesses im phanerogamen Pflanzenkörper. Berichte der deutschen bot. Gesellsch. 1896, 9.

[2] Sachsse: Farbstoffe, Kohlehydrate, Proteinsubstanzen p. 250: „Indessen lassen sich auch noch andere Wahrscheinlichkeitsgründe dafür geltend machen, dass in der That das Proteinmolekül oder wenigstens ein Teil desselben zu Stande kommt durch Vereinigung von Aldehyden mit durch Wasseraustritt entstandenen Asparaginresten. Die Verbindung $C_4H_4N_2O$ kann offenbar angesehen werden als das Nitril der Äpfelsäure. $C_2H_3(OH)(CN)_2$. Die Reaktion, die hier vorausgesetzt wird, lautet also: Es verbinden sich Aldehyde mit den durch Wasserverlust aus Asparagin entstandenen Nitril der Äpfelsäure zu Proteinsubstanz; und hierfür liegt wenigstens eine wenn auch entfernte Analogie vor: Es ist dies die allgemein bekannte Reaktion, bei welcher sich das Nitril der Ameisensäure (die Blausäure) mit den Aldehyden verbindet zu Substanzen der Glycerinreihe: Alanin, Leucin etc.“ cf. Schulze, Jahresbericht für Agr.-Chemie 1875, 1876, Bd. I p. 220.

[3] Emmerling: Beiträge zur Kenntnis der chemischen Vorgänge in der Pflanze. Landw. Versuchsstationen XXX p. 142.

. . . . . Wenn für gewisse Abteilungen der Pflanzenwelt die Zerlegung des Salpeters durch Oxalsäure als ein normaler mit der Eiweissbildung verknüpfter Vorgang betrachtet werden darf, so steht hier das Wachstum und die Vermehrung der Masse demnach in einer Abhängigkeit vom Säurebildungsvermögen der Pflanzen einerseits und der Fähigkeit des Bodens, Salpeter zu bilden, andererseits. Man erkennt zugleich, dass diese beiden Bedingungen sich bis zu einem gewissen Grade kompensieren können.

[4] Schimper, Kohl, Palladin, cf. auch E. Schulze, Ldw. Jahrb. VII p. 428.

[5] Flora 1890. Heft 3 p. 207.

derselben Annahme neigt Emmerling[1], derselbe lässt jedoch unentschieden, ob hierbei nicht auch Wurzel und Stengel in gewissem Grade beteiligt sind. Nach Frank[2] erfolgt die Assimilation in sämtlichen Organen der Pflanze, welche von Gefässbündeln durchzogen sind. Bei Lupinen und Holzgewächsen, bei welchen Salpeter überhaupt nicht bis in die Blätter vordringt, findet die Assimilation schon in der Wurzel statt, eine Annahme, welche durch die Versuche von Müller-Thurgau[3] wesentlich gestützt wird.

Auf die Wechselbeziehungen zwischen Zunahme der Trockensubstanz und der zur Verfügung der Pflanzen stehenden Quantität salpetersaurer Salze ist schon von Boussingault hingewiesen worden. Später sind von Wolff und Kreuzhage[4] „Vegetationsversuche in Sandkultur über das Verhalten verschiedener Pflanzen gegen Zufuhr von Salpeterstickstoff" ausgeführt worden, welche auf Grund zahlreicher Analysen bestätigten, dass die Produktion organischer Substanz bei den Halmfrüchten innerhalb gewisser Grenzen in gradem Verhältnis zu der Menge des Salpeterstickstoffs des Bodens steht. Desgleichen ist dies der Fall bei Sinapis alba, Beta, Polygonum, Solanum etc. Anders verhalten sich die Leguminosen. Hellriegel und Wilfarth[5] sowie P. Wagner[6] zeigten, dass das Wachstum von Pisum sativum eine ähnliche strenge Abhängigkeit von den dem Boden zugesetzten Nitraten nicht nur nicht er-

---

[1] Studien über Eiweissbildung in der Pflanze. Landw. Versuchsstationen XXXIV 1887 p. 1—91.

[2] Über Ursprung und Schicksal der Salpetersäure in den Pflanzen. Deutsche bot. Gesellschaft 1887 V. Heft 10.

[3] Bot. Zentralblatt 68 p. 298, cf. auch Wehmer (l. c.) p. 93 u. 95.

[4] Ldw. Jahrbücher XVI. 1887.

[5] Untersuchungen über Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen. Beilage zur Zeitschrift des Vereins für Rübenzuckerindustrie des D. R. November 1888.

[6] Die Verwendung des Chilisalpeters zur Düngung der landwirtschaftlichen Culturpflanzen.

kennen liess, sondern dass es offenbar nirgends in einer bestimmten Beziehung zu demselben stand, es trat sogar eine üppige Entwickelung auf stickstofffreiem Boden ein[1].

„Dass vor allem der im Minimum befindliche Vegetationsfaktor die Höhe der möglichen Produktion bestimmt, ist axiomatisch klar[2]. Es ist sicher, dass die Produktion nicht direkt proportional der Steigerung des Minimalfaktors zunimmt, und mit einer gewissen Steigerung plötzlich konstant wird, sondern dass sie in stetig abnehmendem Verhältnis steigt, entsprechend seinem Anteil an der Resultante aus der Bedeutung sämtlicher übriger Faktoren bis zum Umschlag ins Gegenteil, wenn ein Überschuss schädlich zu wirken anfängt. Über die Wirksamkeit des Salpeterstickstoffes im Vergleich zu Ammoniakstickstoff bei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen liegen Angaben von Harz[3] vor, und neuerdings von Pitsch, sowie van Horst[4] und Märcker[5]. Dass die Salpetersäure innerhalb des

---

[1] cf. Frank: „Die Assimilation freien Stickstoffes bei den Pflanzen in ihrer Abhängigkeit von Spezies, Ernährungsverhältnissen und von Bodenarten: Landw. Jahrbücher XXI p. 41:

„Lupinus luteus gab die höchsten Erträge ohne Nitrat. Dagegen war bei Pisum erst ein Höchstertrag bei Zufuhr gebundenen Stickstoffes zu erzielen. Das Quantum, das zu diesem Zwecke erforderlich ist, dürfte jedoch geringer sein, als man nach gewöhnlicher Auffassung für nötig hält. Gebundener Stickstoff ist die eigentliche Jugendnahrung der Pflanzen . . . . . Die Beobachtung, dass gewisse Pflanzen mit steigenden Gaben gebundenen Stickstoffes steigende Erträge liefern, beweist in dieser Frage nichts, da Stickstoff aus der Luft aufgenommen wird, und da es bis jetzt nicht bekannt ist, wie viel von dem gebundenen Stickstoff thatsächlich verwertet worden ist, wieviel im Boden zurückgeblieben ist, und dort durch chemische Prozesse zerstört und verloren gegangen ist."

[2] A. Atterberg. Landwirthsch. Jahrbücher XVI.

[3] Bot. Zentralblatt XXIX p. 223.

[4] Landwirtschaftliche Versuchsstationen XLVI 1895.

[5] Biedermanns Zentralblatt für Agric.-Chemie Bd. XV (ferner von Kiepert, Bässler, Rolland, Samek u. A. ibidim Bd. XVIII. cf. die Zusammenstellung von Stutzer, und P. Wagner: „Die Steigerung der Bodenerträge."

pflanzlichen Organismus vorwiegend als an diejenige Base gebunden angetroffen wird, als deren Salz sie den Pflanzen zugeführt wurde, haben John[1] und Jablonski[2] in ihren Arbeiten dargelegt; ersterer mit der Beschränkung, dass dieses als Bestätigung der metamorphosierenden Kraft der Pflanze angeblich nur im jugendlichen Stadium zutreffe, im übrigen vorwiegend Kalisalz aufgenommen werde[3].

Die im Zentralblatt für Agr.-Chemie VII p. 403 geäusserte Ansicht Lehmanns, auf die auch in den Landwirtschaftlichen Jahrbüchern VII p. 433 von Schulze verwiesen wird, der zufolge aus dem grossen Speicherungsvermögen der salpetersauren Salze auf eine mangelhafte Fähigkeit der Assimilation und Verwertung derselben für die Produktion geschlossen wird, halte ich durch die Versuche von Wolff und Kreuzhage und Anderer für widerlegt. Endlich kann ich das Resultat, zu dem Januscewski in seiner Arbeit[4] gelangte, nicht unerwähnt lassen: dass niemals eine absolute, sondern nur eine relative Luxusconsumtion bestehe, wenn Stoffe im Überfluss von den Pflanzen aufgenommen werden. Dass diese Annahme wenigstens auf die Nitrataufnahme nicht angewendet werden kann, glaube ich aus den nachstehend geschilderten Versuchen folgern zu können.

---

[1] John. loc. cit.

[2] Jablonski: „De conditionisbus vegetationi necessariis quaedam." . . . Idem experimenta probarunt illustrissimorum Th. de Saussure, Marcet, Macaire, John, Göppert nec non multorum aliorum, qui variis agentibus et organicis et anorganicis, tam ad radices, quam ad alias partes admotis ne ullum quidem eorum, licet vegetationi inimicissimum nisi aggregationibus ratio omnino impediat, plane repudiari, sed omnia ex parte quidem resorberi commonstrarunt.

[3] cf. H. Leplay: Die Bildung der organischen Säuren der N-haltigen organischen Substanzen und des Kalisalpeters. Biedermanns Zentralblatt für Agrik-Chemie XVIII p. 354.

[4] Über die Pflanzen und Bodenanalyse und ihre Bedeutung für die Bestimmung der Bodenqualität. (Bot. Zentralblatt Bh. 76. 1896.

Sucht man bei der Zusammenstellung der über die Nitratfrage nicht gerade sehr reichlichen Litteraturangaben einen Überblick zu erhalten, so kann man sich nicht verhehlen, dass Einzelbeobachtungen, die sich zum Teil in ihren Resultaten widersprechen, oder Angaben über Nitratverhältnisse, die bei Untersuchungen gewonnen wurden, bei denen anderweitige Zwecke im Vordergrunde standen, ein einheitliches Bild nicht zu liefern vermögen. Insonderheit lassen sich durchgreifende allgemeine Regeln vermissen, deren Aufstellung allerdings durch das verschiedene Verhalten von Pflanzengattungen nicht unerheblich erschwert wird. „Es wirken", sagt Frank, „bei der Aufnahme, der Verbreitung, Speicherung und Verarbeitung der Nitrate im pflanzlichen Organismus die verschiedensten Faktoren zusammen, welche so wechselnd und ihrer Natur nach so unbekannt sind, dass wir sie vorläufig gar nicht zu präzisieren im Stande sind." Nur empirisch werden wir durch Vegetationsversuche Näheres darüber erfahren können, wie sich das Verhalten der Nitrate unter bestimmten Bedingungen bei bestimmten Spezies gestaltet. In Anbetracht der bei einzelnen Individuen zu konstatierenden Ausnahmen im Verhalten der Nitrate (cf. Borodin und Monteverde [l. c.]) werden nur Massenuntersuchungen das Material zur Auffindung von Gesetzmässigkeiten liefern können. „Denn es ist klar, dass einmalige zu beliebiger Zeit an beliebigen Teilen einer Pflanze gemachte Versuche für unsere Frage nicht brauchbar sind." Von der Ansicht ausgehend, dass nur eine systematische Beobachtung während der ganzen Vegetationszeit unter Berücksichtigung der auf das Pflanzenleben wirkenden Einflüsse unsere Kenntnis hierin zu fördern vermag, führte ich auf Veranlassung von Herrn Professor Dr. Heinrich einige Versuche in der angedeuteten Richtung aus, bei denen folgende Gesichtspunkte vorwiegend zur Geltung kommen sollten:

I. Die Schnelligkeit der Aufnahme des Nitrates.
II. Einfluss von Licht, Feuchtigkeit und verschiedenem Gehalt des Bodens an Nitrat auf die Verbreitung desselben in der Pflanze.
III. Gesetzmässigkeiten in der Nitratassimilation. (Verschwinden des Nitrates aus den Pflanzenteilen.)
IV. Absoluter und relativer auf Trockensubstanz bezogener Nitratgehalt der Pflanzen in verschiedenen Wachstumsstadien und bei verschiedenem Nitratgehalt des Bodens.
V. Einfluss des Nitrates auf Trockensubstanzproduktion unter den ad IV genannten Bedingungen und bei Zufuhr gleicher Nitratmengen bei verschieden üppiger Entwickelung der Pflanzen.

Methodisches.

Die Vegetationsversuche wurden grösstenteils als Sandkulturen ausgeführt. Ausnahmsweise kamen Wasserkulturen da, wo sie Vorteile versprachen, in Anwendung. Die Versuche wurden gleich denen von Wolff und Kreuzhage unter Verhältnissen angestellt, welche denjenigen der landwirtschaftlichen Praxis möglichst nahe zu kommen strebten. Eine Nitratzufuhr aus der Atmosphäre war dabei nicht zu vermeiden[1]; bei lediglich vergleichenden Untersuchungen fällt dieses Moment jedoch weniger ins Gewicht, da die Anreicherung für alle Gefässe die gleiche ist. Qualitativ arbeitete ich mikro- und makrochemisch mit Diphenylaminschwefelsäure[2]. Allerdings erwies sich bei den mikroskopischen Präparaten die Auflösung jeglicher Struktur durch die Schwefelsäure als sehr störend. Dazu kommt, dass die in stark verholzten Teilen durch die Schwefelsäure veranlasste Verkohlung das Eintreten der Reaktion abschwächt oder verhindert. Die Orangefärbung durch Brucin konnte zu Verwechselungen mit lediglich

[1] Nach Brettschneider N als Ammoniak : 1,836 mg
„ „ Salpetersäure : 0,123 mg
in 1 l Regenwasser 1,959 mg N.
cf. Biedermanns Zentralbl f. Agr. Chemie XVI. p. 361, XV. p. 793.
cf. Wolff und Kreuzhage. Landw. Jahrbücher XVI 1889.

[2] Nach Molisch 0,01 : 10,0 konc. Schwefelsäure cf. Zimmermann, Mikrotechnik p. 49. Serno, Landw. Jahrbücher XVIII. Strassburger, Botanisches Praktikum p. 74.

durch Schwefelsäure herbeigeführten Färbungen verschiedener Gewebselemente Veranlassung geben. Sulfophenol, von Bréal zum Nachweis der Salpetersäure in Wässern und Bodenarten benutzt[1], und Cinchonamin in schwach salzsaurer Lösung, 0,4 : 200,0[2], von Arnaud und Padé empfohlen, waren ebenso wie Diamidobenzol, für den vorliegenden Zweck nicht genügend empfindlich. Auch gelang es mir nicht, Cinchonamin mit α- und β-Naphtol in gegen die Untersuchungsobjekte sich indifferent verhaltenden Lösungsmitteln hierfür brauchbar zu machen. In konzentrierter Schwefelsäure gelöst, haben diese Reagentien bei phytophysiologischen Untersuchungen der Diphenylaminschwefelsäure gegenüber keinen Vorzug. Zur quantitativen Bestimmung des Stickpentoxyds benutzte ich die gasvolumetrische Methode von Schulze-Thiemann durch Auffangen des Stikoxyds über ausgekochter 10% Natronlauge. Zur Erzielung genauer Resultate, deren Fehlergrenze bei Kontrollbestimmungen wesentlich reduzirt war, erwies sich zwecks Entfernung absorbierter Luft auch das Erhitzen des Eisenchlorürs und der Salzsäure unmittelbar vor dem Gebrauch als erforderlich. Zweckmässig geschah dieses bei der Operation selbst durch Ableiten des Wasserdampfes mittels des Saugrohres auf kurze Zeit durch die deshalb in konzentriertester Lösung anzuwendenden Agentien. Bei der Berechnung der Tension des Wasserdampfes fanden die Regnaultschen Tabellen Anwendung. Zu jeder Bestimmung standen mindestens 0,5 g Trockensubstanz zur Verfügung in denjenigen Fällen, in welchen das Trockensubstanzgewicht einer Pflanze unter dieser Grenze zurückblieb.

---

[1] Biedermanns Zentralbl. f. Agr.-Chemie XVII p. 350.

[2] Zimmermann Mikrotechnik p. 50. W. Ellram: Über mikrochemischen Nachweis des Nitrates in den Pflanzen.

Sandkulturen mit im Verlauf der Vegetation zugeführter Nitratlösung[1].

Die Versuche sollten dazu dienen, die Schnelligkeit der Aufnahme der Salpetersäure, ferner deren Verbreitung in den Organen der Pflanzen bei verschiedenem Nitratgehalt des Bodens und in verschiedenen Wachstumsstadien, sowie die Dauer bis zur Assimilation des Nitrates zu beobachten. Desgleichen sollte die Einwirkung der Beleuchtung und der atmosphärischen Niederschläge auf die Intensität der Verbreitung sowie etwaige auftretende Gesetzmässigkeiten betreffs des Ortes der Assimilation verfolgt werden.

Zu dem Zwecke wurden 21 cylindrische Zinkblechgefässe mit sterilem Sand aus dem Untergrund des Versuchsfeldes der Versuchsstation Rostock beschickt. Der Gesamt N-Gehalt desselben betrug im Mittel 0,011 %, davon Spuren als Nitrat. Mit Ausnahme des Stickstoffes wurden die übrigen notwendigen Nährstoffe bei allen Gefässen in ausreichendem Masse dem Boden zugefügt. Die Bodenoberfläche eines jeden Gefässes betrug 500 □ctm, sodass 200 kg Ernte-Substanz pro ha = 1 g pro Versuchsgefäss entsprachen. Jedes Gefäss erhielt:

5,0 g Kainit mit 13,4 % reinem Kali,

5,0 g Thomasphosphatmehl mit 15,3 % citratlöslicher P_2O_5.

6 Gefässe erhielten wegen der darin zu kultivierenden Klee- und Erbsenpflanzen je 100 g Calciumcarbonat.

Am 22. Juni erfolgte in je 3 Gefässe (A, B, und C) die Aussaat von Sinapis alba, Polygonum Fagopyrum, Hordeum vulgare, Avena sativa, Trifolium hybridum, Lupinus luteus und Pisum sativum. Nachdem 4 Tage nach der Aussaat eine Prüfung auf Nitrat ein negatives Resultat ergeben hatte, zeigte sich am 30. Juni trotz der geringen Spuren des im Boden enthaltenen Nitrates solches

[1] cf. Tab. A.

bei Sinapis und Polygonum in der Wurzel, bei Avena und Hordeum in allen Teilen; Lupinus, Trifolium und Pisum, also sämtliche Leguminosen, waren dagegen gänzlich frei. Nitrite waren nicht vorhanden[1]. Am 10. Tage nach der Aussaat zeigte die Nitratverbreitung folgende Veränderung: Sinapis: Spuren, Polygonum: frei, Hordeum: das unterste Blatt im unteren Teil Spuren, die Hauptmasse frei. Das jüngere Blatt im noch nicht ergrünten und unentwickelten unteren Teil sehr stark, im grünen Teil weniger, nach der Spitze zu abnehmend. Avena: überall nitrathaltig; die Leguminosen: frei. Der 11. Tag brachte keine Veränderung, dagegen stieg am 12. Tage der Nitratgehalt in allen Pflanzen, sodass ausser bei Hordeum und Avena auch bei Sinapis alle Teile erfüllt waren. Pisum zeigte Spuren in der Wurzel, dagegen blieben Trifolium und Lupinus frei. Die Wurzeln von Sinapis hatten eine Länge von 4 cm, Polygonum 3 cm, Trifolium 5 cm, Pisum 12 cm erreicht. Das Steigen der Nitratkurve mag, als eine Folge anhaltenden Regens, teils durch direkte Salpeterzufuhr aus der Atmosphäre, teils durch Lösung des ausserhalb des Wurzelbereiches sich befindenden Nitrates des Bodens mittels des Niederschlagswassers zu erklären sein.

Nach weiteren täglichen Untersuchungen ergab sich betreffs der Aufnahme und der Dauer des Aufenthaltes des Nitrates in den Pflanzen folgendes Resultat:

	Nitrat nachweisbar am	Dauer der Speicherung
Sinapis alba	8. Tage	17 Tage
Polygonum Fagopyrum	8. „	23 „
Hordeum vulgare	8. „	23 „
Avena sativa	8. „	28 „
Trifolium hybridum[2]	18. „	20 „

[1] cf. Strassburger, Bot. Prakticum p. 74.

[2] Die im Sommer 1897 als Vertreter der Leguminosen kultivierte Vicia Faba zeigte ebenfalls eine relativ späte Nitrataufnahme.

	Nitrat nachweisbar am	Dauer der Speicherung
Lupinus luteus[1]	23. Tage	14 Tage
Pisum sativum[1]	12. „	71 „ [2]

Dass die nitratfreien Pflanzen dem Boden keine Salpetersäure mehr entnehmen konnten, ergab eine Untersuchung desselben, nach welcher er in dieser Beziehung als gänzlich erschöpft angesehen werden musste.

In diesem Zustand der Erschöpfung war nunmehr die Möglichkeit gegeben, das weitere Verhalten der Pflanzen gegen Nitratdüngung zu beobachten.

Eine vergleichende Gegenüberstellung der Dauer der Speicherung bei den 7 Pflanzenarten ev. unter Reduktion auf Zeit- und Nitratgewichtseinheit dürfte einwandfrei nicht durchzuführen sein, da das Nitrat, wie aus Tab. A ersichtlich ist, oft sich in Spuren in einigen Pflanzenteilen längere Zeit konstant erhält. Immerhin gestatten die der B-Reihe jeder Pflanzenart zugeführten Gaben von 0,01 g N einen Vergleich, wenn auch dabei zu berücksichtigen ist, dass die Pflanzen sich nicht in demselben Wachstumsstadium befanden und dass ferner die übrigen Faktoren: Beleuchtung, Temperatur und Feuchtigkeit zur Zeit der Nitratgabe bei nicht allen Pflanzen die gleichen waren.

Um einen verschiedenen Grad der Entwickelung hervorzurufen und dadurch in den Stand gesetzt zu sein, über die Intensität der Salpetersäureaufnahme nach dieser Richtung hin Vergleiche anzustellen, erhielten:

die Gefässe B einer jeden Pflanzenart

0,01 g N = 0,066 g Natr. nitr. in 0,013 % Lösung = 13 kg „ pr. ha,

[1] Die im Sommer 1897 als Vertreter der Leguminosen kultivierte Vicia faba zeigte ebenfalls eine relativ späte Nitrataufnahme.

[2] Nur in Spuren in den Nebenwurzeln. Eine ständige Salpetersäurebildung durch das reichlich vorhandene Calc. carb. aus freiem Stickstoff ist nach Wolff und Kreuzhage nicht ausgeschlossen.

die Gefässe C

0,04 g N = 0,26 Natr. nitr. in 0,052 % Lösung = 52 kg „ pr. ha.

Sinapis alba.

Die Pflanzen hatten am 15./VII. eine Höhe von 25 cm erreicht. Die Blütenknospen waren entwickelt, die Cotyledonen begannen zu welken und abzufallen. Die Gelbfärbung und das teilweise Welken der Laubblätter, wodurch deren Proteinsubstanz für den Vegetationspunkt disponibel wurde, deutete auf mangelhafte Stickstoffernährung. Am 16./VII. erfolgte bei B und C die Zugabe von 0,01 g bezw. 0,04 g N um 11 Uhr Vormittags. Nach 15 Minuten war Nitrat in der Wurzel, nach 1 Stunde im Stengel, nach 3 Stunden in allen Teilen der Pflanze nachzuweisen. Bereits eine Stunde später war das aufgenommene Nitrat assimiliert. Wie aus Tab. F ersichtlich, betrug die mittlere Temperatur 12°, Sonnenschein: 13 Std.; Regen war seit 6 Tagen nicht gefallen. Bei kleinen weniger blattreichen Exemplaren war die Diphenylamin-Reaktion bedeutend intensiver. Bei Sonnenaufgang des folgenden Tages war ein starker Nitratgehalt im ganzen Stengel, in den Cotyledonen, in Blattstiel und Laubblättern, nichts dagegen in den Blütenknospen wahrnehmbar. Um 11 Uhr Mittags waren bei Reihe B nur noch Spuren im Stengel, bei C noch reichliche Massen im Stengel und Blattstiel, wenig im Blatt nachzuweisen. Abends war bei Reihe B das Resultat dasselbe, bei C eine Abnahme im Blatt bemerkbar. Dass nicht, wie Tags vorher, völlige Verarbeitung eintrat, darf wohl durch die, wenn auch im beschränkterem Masse, während der Nachtperiode stattfindende Wasser- und damit Nitrataufnahme gegenüber der ruhenden Assimilation seine Erklärung finden.

Nachdem am 18./VII. bei B (0,01 g N) völlige Absorption, bei Reihe C (0,04 g N) starke Verminderung bis auf Stengel und Blattstiel eingetreten war, veranlasste

ein am Abend fallender geringer Regen steigendes Auftreten des Nitrates der Pflanzen der C-Reihe im Stengel und Blatt, die B-Pflanzen zeigten Spuren daselbst. In der folgenden Nacht war wiederum im Stengel und Blatt eine Zunahme, besonders auch in der Wurzel festzustellen. Abgesehen von diesen je nach der Beleuchtung wechselnden Schwankungen hielten sich die Pflanzen während der nächsten Tage so, dass die B-Pflanzen in grossen Exemplaren frei, in kleineren bis auf Spuren, im mittleren und unteren Stengel und oberen Wurzelende, die C-Pflanzen mit Ausnahme des Stengels frei von Nitrat waren. Die Pflanzen der Reihe A, welche, wie zu erwarten, eher in Blüte traten, begannen an den unteren Blättern zu welken. Die Pflanzen der Reihen B und C traten erst am 22./VII. in Blüte und zeigten für die kurze Zeit der Einwirkung des Salpeters einen auffallend besseren Stand gegen diejenigen der Reihe A.

In diesem Zustande erhielten die Pflanzen A, B und C am Nachmittag des 27./VII. je 0,08 g N in 0,104 % Lösung. Nach Verlauf einer Stunde waren in den drei Kulturen gleichmässig Spuren Nitrat in den Wurzelhaaren bemerkbar. Nach 2 Stunden ergaben die Pflanzen der A-Reihe Spuren in den Saugwurzeln, die der B-Reihe Spuren bis zum unteren Teil des Stengels, die der C-Reihe dasselbe im höheren Grade bis zum mittleren Teil einschliesslich. Nach weiteren 45 Minuten hatten die Pflanzen C in allen Teilen bis zum oberen Vegetationspunkt stark Nitrat gespeichert. Bei Reihe B war die Reaktion bis zum mittleren, bei Reihe A nur bis zum unteren Stengel deutlich erkennbar. Ob diese der bei der ersten Dosis am 16./VII. beobachteten Thatsache widersprechende Erscheinung in der vorherigen grösseren Stickstoffzufuhr bei der C-Reihe gegen diejenigen von A und B und der dadurch veranlassten üppigeren Entwickelung [1] oder in der ungleich längeren Zeit

[1] cf. Demoussy: Sur l'assimilation des nitrates par les végétaux. Comptes rend. T. CXIX pag. 868 ff.

seit der Verarbeitung des Nitrates bei letzteren gegen die C-Reihe beruht, musste vorläufig dahingestellt bleiben; jedoch schien mir das letztere Moment das wahrscheinlichere zu sein, da Reihe C 2 Tage, Reihe B 8 Tage, Reihe A 12 Tage in nitratfreiem Zustande sich befanden, ein Zeitraum, innerhalb dessen sich überschüssiges Nfr. Material genügend ansammeln konnte, um bei einer Zufuhr von Nitrat dasselbe schon in den Wurzeln der Nachweisung durch Reagentien zu entziehen.

Am 30./VII. begannen die Pflanzen der A-Reihe Schoten anzusetzen, während die der B- und C-Reihe sich noch in der Blüte befanden. Nachdem 4 Tage hindurch der alle Pflanzenteile stark erfüllende Salpeter unvermindert sich erhalten hatte, begann bei A, B und C die Abnahme gleichmässig derart, dass die Blätter und die Teile des Stengels unterhalb derselben von oben nach unten zu sich entleerten, Nitrat also nur in den unteren Stengelteilen, wenig in den Wurzeln, Spuren im oberen Stengel, reichliche Mengen aber in den Schoten gefunden wurden. Die Samenschalen enthielten kaum wahrnehmbare Spuren. Das Embryonalgewebe der Cotyledonen war gänzlich frei.

Durch die 3. Dosis

von 0,05 g N bei Reihe A in 0,06 % Lösung
0,04 g N „ „ B „ 0,05 „ „
0,01 g N „ „ C „ 0,013 „ „

wurde die Gesamtmenge des erhaltenen Nitratstickstoffes für alle drei Kulturen auf die gleiche Höhe von 0,13 g N gebracht.

Die Pflanzen der A-Reihe hatten eine Höhe von 30 cm, diejenigen der B-Reihe eine solche von 38 cm, die der C-Reihe 40 cm erreicht. War in diesem Falle die Zeit zwischen Verarbeitung und neuer Nitratgabe für A, B und C, wie auch am 16./VII. die gleiche, so machte sich dieses auch hinsichtlich der Aufnahme bemerkbar, denn bereits nach 30 Minuten waren die kleineren A-Pflanzen in allen Teilen von Nitrat erfüllt. Zu derselben

Zeit war Nitrat bei der Reihe B in der Wurzel und dem grösseren Teil des Stengels, bei der C-Reihe ausser in der Wurzel, im unteren Teile des Stengels vorhanden. Nach drei Stunden hatte sich der Zustand derart verändert, dass die Pflanzen der A-Reihe wenig in Wurzel und Stengel, diejenigen der B- und C-Reihe wenig in der Wurzel enthielten, eine Erscheinung, die nach dem bisherigen nicht unerwartet eintrat. Eine Analogie zu den Vorgängen vom 17./VII.[1] bestand auch darin, dass Tags darauf, am 10./VIII. 10 Uhr Vorm., die Pflanzen A reichlich im Stengel und Schoten, die Pflanzen der B-Reihe im unteren und oberen Stengel, die der C-Reihe im unteren Stengel reichlich, wenig im mittleren Teil, mehr im oberen Stengel mit Schoten, Nitrat gespeichert hatte. Die Teile des Stengels unterhalb der Einmündung der Blattstiele waren stets nitratfrei.

Nach mehrfachen Schwankungen war auch bei den Pflanzen von A am 19./VIII. der Zustand völliger Verarbeitung des Nitrates zu konstatieren, in welchem sich die C-Reihe seit dem 11./VIII., die B-Reihe seit dem 16./VIII. befunden hatten. Somit betrug die Dauer des Gehaltes an Salpeter

bei Reihe A mit 0,05 g N = 10 Tage
„ B „ 0,04 „ „ = 8 „
„ C „ 0,01 „ „ = 3 „

Zahlen, welche, auf die Einheit bezogen, auf einen grossen Unterschied in der Entwickelung nicht schliessen lassen.

In der That hatte die Reihe A durch die beiden letzten Gaben von 0,08 g und 0,05 g N in der Entwickelung derartig zugenommen, dass nunmehr am 18./VIII. ein auffallender Unterschied, abgesehen von dem früheren

[1] cf. Über Bildung und Wanderung der Kohlenhydrate in den Laubblättern (Schimper) Botanische Zeitung 1885 No. 47—49 und Eiweissstoffe und Kohlenhydrate der grünen Blätter als Assimilationsprodukt (W. Japoznikow) Biedermanns Zentralbl. f. Agr.-Chemie 1896 II. und Botanisches Zentralbl. 4895. Bd. 62 p. 246.

Schotenansatz bei den Pflanzen der A-Reihe, nicht mehr zu erkennen war.

Bei der am 20./VIII. stattfindenden aussergewöhnlich hohen Gabe von je 0,15 g N in 0,195 % Lösung (= 195 kg Natr. nitr. pro ha) für die Pflanzen der A-, B- und C-Reihe war gegen die frühere Gabe von 0,08 g am 27./VII. auch in sofern ein Unterschied vorhanden, als die Pflanzen sich jetzt in dem Stadium der beginnenden Fruchtreife befanden, einer Periode, in welcher der Bedarf an Stickstoff ein besonders hoher ist und zum Teil aus dem gespeicherten Vorrat gedeckt wird. Ferner war hinsichtlich der Unterbrechung der Stickstoffzufuhr die Verschiebung eingetreten, dass in diesem Falle die C-Reihe 9 Tage, die B-Reihe 4 Tage, die A-Reihe nur 1 Tag ohne Salpeterspeicherung vegetiert hatte. Die Pflanzen reagierten dadurch, dass sich die Verteilung nach 30 Minuten folgendermassen zeigte: A: wenig Nitrat in der Wurzel, reichlich im ganzen Stengel, bei einigen Pflanzen (es wurden stets mehrere untersucht) auch in den Schoten; B: wenig Nitrat in der Wurzel, mehr im Stengel bis zur Höhe von 10 cm, von da ab allmälig nach oben abnehmend. Bei C trat die Reaktion ausser in der Wurzel nur bis 1 cm hoch über derselben im Stengel ein. Nach weiteren $^5/_4$ Stunden trat bei der A- und B-Reihe die Reaktion in allen Teilen ein, bei C bis zu circa 10 cm Höhe im Stengel. In der Mittagszeit fand bei denselben ein Sinken bis auf den Stand, den das Nitrat bei Reihe C zeigte, statt, und zwar hauptsächlich bei den blattreichen Pflanzen. Bei kleineren Exemplaren war der Zustand gegen den am Morgen unverändert. Nach 4 Stunden zeigte sich Nitrat bei den weitaus meisten Pflanzen nur noch 10 cm über der Wurzel von Reihe A nach Reihe C an Stärke abnehmend. Am Morgen des folgenden Tages jedoch waren sämtliche Pflanzen der drei Kulturen in allen Teilen, einschliesslich Blatt und Schoten, vollständig nitraterfüllt. Bei Allen blieb der Samen mit funiculus

nitratfrei. Dieser Zustand dauerte unverändert längere Zeit an. Erst am 14./IX. konnte in den drei Reihen in den Blättern das Fehlen des Nitrates beobachtet werden, während es sich in den Schoten noch zu vermehren schien. In den folgenden Tagen zeigte sich bei der C-Reihe in den blattreichen Exemplaren im Gegensatz zu den blattlosen, der Stengel zum Teil ganz, zum Teil bis auf Spuren nitratfrei. Am 19./IX. war derselbe Zustand auch bei den Pflanzen A und B eingetreten. Das Verhalten von Sinapis alba gegen Nitrat lässt sich daher in Folgendem zusammenfassen:

Die Aufnahme erfolgte verhältnismässig schnell. $^1/_4$ Std. bis 1 Std. nach Anwendung der Nitratlösung trat die Reaktion in den Wurzelhaaren ein. Die weitere Verbreitung in der Pflanze war von der längeren oder kürzeren Frist seit der Assimilation der letzteren Nitratgabe abhängig. Die Intensität der Speicherung zeigte sich dem Nitrat des Bodens proportional. Die Verarbeitung nahm stets von den Blättern aus ihren Anfang. Die letzten nicht assimilirten Nitratreste zeigten sich in dem unteren Stengel und in den Schoten.

Polygonum Fagopyrum.

Nach Verbrauch des Bodenstickstoffes am 20./VII. hatten die Pflanzen eine Höhe von 25 cm durchschnittlich erreicht. Das 4. Blatt war entwickelt. Die Anzeichen des N-Mangels traten nicht in dem Masse wie bei Sinapis hervor, jedoch waren die Pflanzen als völlig normal entwickelt nicht zu bezeichnen. Am 23./VII. erhielten die B- und C-Reihe die bei allen Pflanzenarten gleichmässig gegebene Nitrat-Dosis 0,01 bezw. 0,04 g N und zwar die C-Reihe unter Lichtabschluss. Infolge dessen zeigten letztere Pflanzen während der beiden nächsten Tage in allen Teilen einen sehr starken Nitratgehalt. Die Hauptmasse fand sich im mittleren Stengel unmittelbar unter-

halb der Epidermis sowie im Mark, weniger oder nur in Spuren in den Gefässen und im Assimilationsparenchym. Nachdem am 23./VII. bei den Pflanzen der C-Reihe nur wenig Nitrat gespeichert worden war, konnte es bei Sonnenaufgang des folgenden Tages bis zu den obersten Blütenknospen nachgewiesen werden; jedoch sank der Gehalt im Laufe des Tages beträchtlich. Am 25./VII. wurden die Bedingungen der Lichtzufuhr vertauscht. Wie zu erwarten, zeigte sich damit auch das Verhalten beider Kulturen völlig verändert. Während die C-Reihe nach 3tägiger Verdunkelung den Zustand zeigte, den die B-Reihe nach der Verdunkelung aufwies, nahm dieses in seinem Salpetergehalt sehr ab und enthielt erkennbare Mengen nur noch in Wurzel und im unteren Stengel. Eine bemerkenswerte Erscheinung trat bei den am 3./VIII. untersuchten C-Pflanzen auf. Während im allgemeinen zwischen stark und schwach salpeterhaltigen Pflanzenteilen ein allmäliger Übergang in der Stärke stattfand, zeigten sich hier über dem 1. und 2. nitratfreien Internodium plötzlich scharf abgesetzt grosse Massen Nitrat, welche nach oben im Verlauf von 3—4 Internodien verschwanden. Nach 14 bis 15 Tagen waren bei den Reihen B und C die letzten geringen Mengen, welche im Stengel noch zu beobachten waren, verarbeitet. Die Pflanzen befanden sich in der Vollblüte, welche bei der Reihe A schon 3 Tage vorher eingetreten war. Die unteren Blätter bei letzteren welkten und starben ab. Bei der am 8./VIII. erfolgten Gabe von 0,01 g N für Reihe A, 0,05 g N für Reihe B und 0,1 g N für Reihe C waren die ersten Spuren bereits nach einer Stunde in den Saugwurzeln und dem 2. und 3. Stengelknoten nachzuweisen, nach 2 Stunden war noch keine Veränderung eingetreten, dagegen zeigte sich bei Reihe A und B nach $3^1/_2$ Std. im mittleren Stengel Nitrat, bei C fand es sich reichlich in allen Teilen des Stengels. Die Verarbeitung erfolgte in dieser Periode der Blütezeit ausserordentlich schnell; sie war nach 13 Tagen völlig eingetreten.

Es folgte daher am 24./VIII. die 3. N-Düngung in dem Verhältnis 0,01 g : 0,09 g : 0,14 g. Auch hier war nach 2 Std. ausser in den Wurzeln auch im Stengel bis zur Basis der Blattstiele Nitrat in geringer Menge vorhanden. Eine grössere Anhäufung hatte bei Reihe B und C in den oberen Organen erst nach 3 Tagen stattgefunden. Blatt und Blattstiel entleerten sich bald, nur in der Blüte und im Blütenstiel dauerte die Anhäufung längere Zeit an. Die Hauptmasse fand sich bei allen Pflanzen bis zum Absterben im unteren und mittleren Stengel ziemlich konstant 43 Tage hindurch bei Reihe A und C, 30 Tage bei der Reihe B. Jedoch dürfte dieses andauernde Verbleiben des Nitrats hier nur durch die mangelhafte Lebensthätigkeit der Pflanzen infolge der vorgeschrittenen Jahreszeit, ferner durch die kümmerliche Entwickelung und das Absterben der meisten Blätter zu erklären sein. Zu einer Fruchtbildung war es bei Reihe A nicht gekommen.

Im Allgemeinen kann das Verhalten von Polygonum demjenigen von Sinapis alba als analog bezeichnet werden. Die Übereinstimmung im Bodennitratgehalt und der Intensität der Speicherung fand sich auch hier wieder, desgleichen der Verlauf der Nitratassimilation von den Blättern aus; Verdunkelung und atmosphärische Niederschläge bewirkten eine nicht unbedeutende Steigerung der aufgenommenen und nachweisbaren Nitratquantität.

Hordeum vulgare.

Während der Zeit der Verarbeitung der ersten Gabe von 0,01 g und 0,04 g N für Reihe B und C, welche am 23./VII. gegeben wurde, befanden sich die Pflanzen in dem Stadium der Blütenbildung. Die Entwickelung konnte für Sandboden als normal bezeichnet werden. Erst 5 Stunden nach dem Hinzufügen der Salpeter-Lösung enthielten die Wurzelhaare Nitrat. Bei Sonnenaufgang des folgenden Tages war dasselbe bis zur Blattlamina vorgedrungen.

Grössere Mengen fanden sich unterhalb des oberen Vegetationspunktes in den noch nicht völlig ergrünten Teilen des Stengels. Am folgenden Tage fand bei Reihe C eine Vermehrung im Stengel statt; sie erreichte jedoch nicht den Grad, der bei Reihe B durch Verdunkelung erzielt worden war. Im Blatt und Blattgrund nahm die Intensität allmälig ab; am 8./VIII. war Nitrat noch im Blütenstiel nachzuweisen. Die Ähre war frei. Die unteren gelben Blätter enthielten nur dann Nitrat, wenn sie noch nicht völlig verdorrt waren. Die letzten Spuren waren bei Reihe B nach 23tägiger Dauer, bei Beihe C nach 25 Tagen im Ährenstiel und mittleren Stengel zu finden. Die 2. Düngung von 0,10 g bezw. 0,09 und 0,06 g Nitrat für die A-, B- und C-Reihe erhielten die Pflanzen am 17./VIII., so dass die A-Reihe 26 Tage ohne freies nachweisbares Nitrat geblieben war. Nach 3 Stunden bereits waren alle Pflanzenteile, mit Ausnahme der unteren gelben Blätter und der Ähre, stark salpeterhaltig. In den oberen grünen Teilen war die Aufspeicherung eine stärkere als in den unteren verholzten Teilen des Halmes. Dass noch im Laufe desselben Tages die Pflanzen keine Reaktion mehr ergaben, war nach den Beobachtungen bei Sinapis und Polygonum zu erwarten. Die Verarbeitung war in dieser Periode der Fruchtbildung bei höherer Temperatur mit intensiver Insolation eine sehr schnelle, wozu für Reihe A noch die längere Entbehrung der Nitrataufnahme als unterstützend hinzutrat. Wie aus Tab. A hervorgeht, bewirkte bei Reihe B und C eine Wasserzufuhr sofort ein Steigen des Nitrates, welches binnen kurzem wieder verarbeitet wurde. Die Reihe A ergab mit Ausnahme der jüngeren Nebensprosse auf Zusatz von destilliertem Wasser keine Reaktion mehr. Ebenso erwies sich der Boden bis auf geringe Spuren als nitratfrei. Die Stengelglieder hatten bei der beginnenden Reife an ihrem unteren Teile die gelbe Färbung angenommen, die Ährenstiele waren noch grün, die Früchte befanden sich im Zustande der Milch-

reife. Es lag die Frage nahe, ob in dieser Periode der erlöschenden Lebensthätigkeit bei extrem hoher Nitratzufuhr überschüssiger Stickstoff in anorganischer Form mit in den Samen aufgespeichert wurde. Die Pflanze der A-Reihe erhielt demgemäss 0,18 g N. (234 kg Natr. nitr. pro ha). Die Aufnahme ging bis in die Blätter und den oberen Halmteil binnen 2 Std. von statten. In die Ähre drang Nitrat nicht ein; auch wenn es sich in grosser Menge im Ährenstiel vorfand, so war doch stets zwischen beiden eine sehr scharfe Grenze wahrzunehmen.

Demgemäss ergab sich für Hordeum vulgare im Prinzip dasselbe Resultat wie für Sinapis und Polygonum. Die Verlangsamung in der Aufnahme und Verarbeitung gegen die erstgenannten Versuchspflanzen könnten mit der bei Hordeum geringer entwickelten Blattmasse im Zusammenhang gebracht werden. Verdunkelung und Tage mit grösseren Niederschlagsmengen ergaben ebenfalls eine Anhäufung von Nitrat.

Avena sativa[1]).

Drei Stunden nach der ersten Nitratgabe von 0,01 bezw. 0,04 g N waren die Pflanzen in allen Teilen von Nitrat erfüllt. Abgesehen von einem vorübergehenden Verschwinden desselben in den Blättern hielt sich der anfängliche Zustand sehr gleichmässig. Zur Blütezeit trat auch in den Rispenstiel die Nitratreaktion ein. Nach völliger

[1]) Nach Belzung (Botanisches Zentralbl. 54 p. 300) gehört Avena zu denjenigen Pflanzen, welche ein sehr starkes Aneignungsvermögen für Nitrat besitzen. Cucurbita, Triticum und Avena absorbierten nach Belzung den in äusserst geringen Mengen durch nitrifizierende Bakterien in dem vorher salpeterfreien Boden entstandenen Salpeter sehr energisch in beträchtlicher Menge, während andere Pflanzen sich unter gleichen Verhältnissen völlig salpeterfei erwiesen.

Verarbeitung des Nitrates erfolgte am 20./VIII. die zweite Gabe von 0,20 bezw. 0,09 und 0,01 g N für die A-, B- und C-Reihe. Auch hier markierte sich stärkere Wasserzufuhr und Verdunkelung sehr deutlich. Zur Zeit der Milchreife war in der gluma der A- und B-Pflanzen ebenfalls Nitrat gespeichert. Die Samen blieben nitratfrei. Reihe C hatte am 17./IX. 0,01 g N erhalten; jedoch war infolge des Erlöschens der Lebensthätigkeit die Aufnahme und Verarbeitung keine vollständige mehr.

Trifolium hybridum.

Wie schon oben erwähnt, dürfte kein Grund dafür vorliegen, die Leguminosen betreffs ihres Verhaltens gegen salpetersaure Salze als eine scharf umgrenzte Gruppe zusammenzufassen, welche ähnlich derjenigen der Mycorrhiza-Pflanzen eine Ausnahmestellung einnehmen könnte. Wohl ist die Aneignung und Verarbeitung der Nitrate wie auch die Ausbeutung anderer Stickstoffquellen eine sehr intensive, jedoch verhalten sich gerade gegen erstere die einzelnen Gattungen verschieden. Ein prinzipieller Unterschied in der Nitrataufnahme verglichen mit Sinapis, Polygonum und den beiden Gramineen war bei Trifolium nicht vorhanden. Bei der Aufnahme der ersten Gabe, welche schon nach 45 Minuten bis in die Blätter nachzuweisen war, gab das meristematische Gewebe des Vegetationspunktes noch keine Reaktion, als Blatt und Blattstiel der 10 cm hohen Pflanzen bereits starke Nitratansammlung im Parenchym zeigten. Die gänzliche Erfüllung der Embryonalzellen mit Plasma liess naturgemäss keine Speicherung zu. Spuren traten im Laufe der nächsten Tage in den sich aus dem Urmeristem entwickelnden Gewebe auf und die Zunahme an Nitrat erfolgte gemäss der Bildung von Vakuolen im Cytoplasma. Wie aus Tab. A hervorgeht, vollzog sich bei Reihe B und C die Assimilation zuerst in den Blättern. Im Blattstiel

und in der 20 cm langen Pfahlwurzel hielt die Ansammlung von Nitrat in konstant geringer Menge 41 bis 43 Tage hindurch an.

Kurze Zeit nach der 2. Dosis von 0,01 g, 0,04 g bezw. 0,10 g für Reihe A, B und C wurden erstere beiden Pflanzenreihen von Erysiphe, A in höherem Grade als B befallen. Eine besondere Üppigkeit in der Entwickelung von Reihe C gegen A und B war nicht zu bemerken.

Ein Vergleich des Verhaltens von Trifolium gegen Nitrat mit demjenigen der vorher erwähnten Pflanzen einerseits, Lupinus und Pisum andererseits liess eine vermittelnde Zwischenstellung dieser Versuchspflanze erkennen. Das Merkmal der späten Aufnahme des im Boden ursprünglich vorhandenen Nitrates, das sich für die übrigen Leguminosen ergab, traf auch hier zu, jedoch war immer noch eine Beziehung zwischen der Quantität des im Boden vorhandenen und des in der Pflanze gespeicherten Nitrates zu erkennen.

Lupinus luteus.

Ebenso wie bei Trifolium war auch bei Lupinus luteus ein Unterschied in der Entwickelung durch die erste Gabe von 0,01 bezw. 0,04 g N, sowie durch alle folgenden nicht hervorgerufen worden. Im Gegenteil zeigte sich auch in Übereinstimmung mit Beobachtungen von Frank[1]) u. A. sowie in Übereinstimmung mit auf der landwirtschaftlichen Versuchsstation Rostock gewonnenen Resultaten, dass die Pflanzen der A-Reihe, welche bis zur Blütezeit noch kein Nitrat erhalten hatten, sich noch üppiger entwickelt hatten als diejenigen der B- und C-Reihe.

[1]) cf. Landw. Jahrbücher XVII p. 421.

v. Eckenbrecher[1]) ist durch seine Versuche zu einer im Prinzip gegenteiligen Ansicht gelangt. Bei Lupinus erfolgte die Verarbeitung so schnell, dass ohne direkte Salpeterzufuhr in den wenigsten Fällen eine Reaktion eintritt. Nach Angabe Frank's[2]) ist diese Pflanze, ausgenommen die feinen Saugwurzeln, in allen Entwickelungsstadien nitratfrei. Die Verarbeitung erfolgte in der auffallend kurzen Zeit von 2 Tagen. Die von Serno bei Phaseolus multiflorus gemachte Beobachtung, derzufolge in den Blattstielgelenken die Reaktion zuerst eintrat, traf auch hier zu, jedoch schon nach Verlauf einer Stunde. Wenn Nitrat in grösseren Mengen überhaupt auftrat, so geschah es stets an der Basis der Blattstiele, woselbst es sich auch am längsten gespeichert erhielt. Die Rhizobien waren stets nitratfrei. Auf die 0,2 g N, welche Reihe A zur Zeit der Fruchtreife erhielt, trat eine schwache Reaktion ausser in den nicht verholzten Wurzelteilen bis 10 cm hoch im Stengel sowie in den Blattstielgelenken ein. Reihe B und C dagegen zeigten nur Spuren in der Wurzel auf Zusatz von 0,01 bezw. 0,04 g N.

g Nitrat	Erbsen	Lupinen
Stickstoff des Bodens	Die Trockensubstanz. Körner und Stroh	Trockensubstanz. Körner und Stroh
0,00	140	36
1,0	194	77
2,0	161	110
5,0	145	153
10,00	143	144

[1]) v. Eckenbrecher über das N-Bedürfnis der Erbse und Lupine etc. sagt: „Daraus geht hervor, dass die Erbse gegen N absolut unempfindlich ist, dagegen scheint die Ansicht, dass die Lupine nicht nur keinen Stickstoff nötig habe, sondern ihr Wachstum dadurch noch beeinträchtigt werde, durch diese Resultate auf das glänzendste widerlegt. cf. dagegen Frank ldw. Jahrb. XXI p. 41.

[2]) Frank l. c.

Pisum sativum.

Bis zum 30./VIII. waren in den Saugwurzeln Spuren von Nitrat nachzuweisen, nachdem in der Zeit der beginnenden Blüte ein Steigen bis in die Blätter stattgefunden hatte. Noch bevor die Pflanzen nitratfrei waren, wurden sie von Erysiphe befallen. Die Entwickelung der Erbsenpflanzen war trotzdem eine sehr üppige, die reichlichen Schoten enthielten durchschnittlich 5—6 wohlausgebildete Samen. Konnte nach der ersten Dosis ein Steigen des Nitrates bis in die entferntesten Ranken und Blätter beobachtet werden, so trat dieses bei der zweiten Dosis von je 0.28 g N bei Reihe A nur 5—10 cm, bei Reihe B und C bis zu 30 cm im Stengel über der Wurzel ein[1]).

Wie bei Lupinus, so konnte auch bei Pisum ein Zusammenhang von Bodennitrat und in der Pflanze gespeichertem Nitrat nicht mehr wahrgenommen werden. Während der ersten Entwickelungsperiode, in der Nitratstickstoff für die Ernährung von Pisum wenn nicht notwendig, so doch nützlich erscheint, ist auch noch eine gewisse Reaktion auf diejenigen Faktoren zu erkennen, die bei den übrigen benutzten Versuchspflanzen Änderungen in der Nitratverteilung bewirkten. Mit der zunehmenden Unabhängigkeit vom Nitratstickstoff nahm auch die Unempfindlichkeit der Pflanzen gegen Nitratzufuhr zu[2]).

Sandkulturen mit vor der Aussaat zugeführter Nitratlösung.

Dieselben wurden in derselben Weise wie die oben erörterten Sandkulturen angestellt. Brassica Napus,

[1]) Frank: Über Ursprung und Schicksal der Salpetersäure in den Pflanzen:

Zur Zeit der Fruchtreife pflegt die Salpetersäure zu verschwinden; so konnte in dem Stengel der Erbse schon bei Beginn der ersten Fruchtbildung Salpetersäure nicht mehr nachgewiesen werden.

[2]) cf. P. Wagner: Die Verwendung des Chilisalpeters zur Düngung der landwirtschaftlichen Culturpflanzen, p. 17 ff.

Hordeum vulgare[1]) und Vicia Faba wurden in je 5 Reihen mit der steigenden Nitratgabe von

A = 0,01 g N
B = 0,05 „ „
C = 0,10 „ „
D = 0,50 „ „
E = 1,00 „ „

welche dem Boden vor der Einsaat als Natr. nitr.-Lösung zugeführt wurden, kultiviert. In jedem Gefäss befanden sich 30 Pflanzen.

Den Befund jeder einzelnen Untersuchung mitzuteilen, würde die Übersicht wesentlich beeinträchtigen, und ich glaube deshalb in den Einzelheiten auf die graphische Darstellung auf Tab. B umsomehr verweisen zu dürfen, als dieselbe in der Abtönung der blauen Färbung der Stärke der Reaktion mit Diphenylaminschwefelsäure entspricht und ferner die hauptsächlichsten Daten über die Entwickelung in dieselbe eingetragen sind. Es erhellt daraus, dass bei Vicia Faba, ähnlich wie bei Trifolium mit steigendem Nitratgehalt des Bodens auch vermehrte Speicherung in dem Pflanzenkörper verbunden war. Da bei den Leguminosen üppigere Entwickelung durch steigende Nitratgaben nicht bewirkt worden war, so war die Zeit bis zur Verarbeitung bei Vicia Faba E (1,00 g N) eine längere als bei den Pflanzen der A-Reihe (0,01 g N). Bei Brassica und Hordeum, welche in ihren Verhältnissen gegen Nitrate wieder gemeinsame Eigenschaften erkennen liessen, machte sich ein Unterschied zwischen den 5 Reihen nur hinsichtlich der Intensität der gespeicherten Masse bemerkbar. Die üppig entwickelten Pflanzen der E-Reihe hatten die grösseren gespeicherten Nitratmengen zu derselben Zeit (vor Eintritt der Blüte) assimiliert wie die kümmernden Pflanzen der A-Reihe den von ihnen ge-

[1]) Von Hordeum waren noch Gefässe F und G mit 3,00 bezw. 4,50 g N zur vergleichenden Erntebestimmung angesetzt worden.

speicherten geringen Vorrat. Kleine und kümmerlich entwickelte Pflanzen reagierten auch auf dieselbe geringe Nitratmenge, die durch starken Regenfall am 20./VI. 97 zugeführt wurde, bei weitem schärfer, als üppige Exemplare (E). Die Verarbeitung nahm wiederum stets vom Blatt aus ihren Anfang. Die römischen Ziffern in Tab. B geben die Färbung der Blätter nach der Radde'schen internationalen Farbenskala an.

Die auf Tab. B veranschaulichten Resultate beziehen sich auf Pflanzen, die stets um 2 Uhr Nachmittags dem Boden entnommen worden waren. Die Angaben über die Witterungseinflüsse[1]) sind auf Tab. F zusammengestellt. Der leichteren Übersicht über die quantitativen Bestimmungen dienen eine Zahlentafel (Tab. C), auf welcher die gefundenen Werte auf 1 Pflanze reduziert worden sind, ferner eine Skala, welche die Kurven des absoluten und prozentischen Gehaltes der 5 Reihen enthält (Tab. E).

Eine Parallelreihe der Gefässe A—E (A^1 B^1 C^1 D^1 E^1) von Brassica, Hordeum und Vicia Faba erhielt am 19./VII. nach 45 Vegetationstagen je 0,5 g Nitratstickstoff. Die Unterschiede in der Zunahme an Trockensubstanz, sowie die in der Färbung eintretenden Veränderungen gegen die unter den bisherigen Bedingungen weiter kultivierten Pflanzen der Reihe A—E sind auf Tab. D zum Ausdruck gebracht. Aus Tab. G ist der Stand der Entwickelung am 45. Vegetationstage ersichtlich.

Betreffs des Nitratgehaltes im Samen fand ich bestätigt, dass dieselben im reifen Zustande niemals eine Reaktion ergeben.

Bei den stark Nitrat speichernden Pflanzen der Gefässe F und G von Hordeum war Nitrat in die Ährenspindel und bis in die Spitzen der Grannen eingedrungen. Das Endospermgewebe war stets frei. Bei jugendlichen

[1]) Nach den Beobachtungen der Landwirtschaftlichen Versuchsstation Rostock. — Durchschnittszahlen von 3 Ablesungen.

Stadien der Samenentwickelung von Brassica Napus war das Embryonalgewebe der Cotyledonen (bei Reihe E), sowie die Samenschale sehr gering nitrathaltig, wenig mehr die den Fibrobasalstrang umgebenden Teile. Zur Blütezeit war bei Hordeum ausser der palea und gluma das Gynöceum und Andröceum in allen Teilen stark nitrathaltig. Sinapis zeigte in dieser Periode in dem Blumenkronenmesophyll relativ starke Speicherung.

Ein Teil der Pflanzen diente zur vergleichenden Erntebestimmung.

Nach 86 Vegetationstagen ergab sich als lufttrockene Substanz für

1 Pflanze: Durchschnittszahl aus 10—20 Pflanzen:

Nitratgehalt der Gefässe	Trockensubstanz in g								
	Brassica Napus			Hordeum vulgare			Vicia Faba		
	Stroh und Wurzel	Körner	Summa	Stroh und Wurzel	Körner	Summa	Stroh und Wurzel	Körner	Summa
A 0,01 g N	0,06	0,02	0,08	0,17	0,00	0,17	8,10	1,85	9,95
B 0,05 g N	0,10	0,06	0,16	0,26	0,02	0,28	9,30	2,64	11,94
C 0,1 g N	0,28	0,17	0,45	0,39	0,08	0,47	8,30	2,10	10,40
D 0,5 g N	1,15	0,65	1,80	2,05	0,86	2,91	8,80	2,41	11,21
E 1,0 g N	2,95	1,20	4,15	3,08	1,08	4,16	8,10	2,08	10,18

Nitratgehalt der Gefässe	Trockensubstanz in g								
	Brassica Napus			Hordeum vulgare			Vicia Faba		
	Stroh und Wurzel	Körner	Summa	Stroh und Wurzel	Körner	Summa	Stroh und Wurzel	Körner	Summa
A[1] 0,01 g N + 0,5 g N	0,91	0,44	1,35	0,41	0,18	0,59	8,01	1.02	9.03
B[1] 0,05 g N + 0,5 g N	1,23	0,46	1,69	0,94	0.31	1,25	7.93	1.84	9,77
C[1] 0,1 g N + 0,5 g N	1,66	0,52	2,18	0,98	0.37	1,35	8.11	1.97	10,08
D[1] 0,5 g N + 0,5 g N	2,53	0,93	3,46	3,06	1.25	4.31	8.45	2,33	10,78
E[1] 1,0 g N + 0,5 g N	2,75	1,70	4,45	3.20	1.18	4.38	7.76	2.14	9,90

Dieselbe Menge Nitratstickstoff hatte bei den kümmerlich entwickelten Pflanzen der A-Reihe (mit Ausnahme von Vicia Faba) eine höhere Steigerung der Trockensubstanz bewirkt als bei den grösseren Pflanzen der E-Reihe.

Ein zusammenfassender Versuch über den Einfluss von Licht und Feuchtigkeit wurde mit Brassica Napus-Pflanzen in Sandkultur angestellt. Nach 32 Vegetationstagen hatten die normal entwickelten Pflanzen das zu ihrer Verfügung stehende Nitrat verarbeitet. Abteilung I und II blieben dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt. Abteilung I wurde 3 Tage vor Ausführung des Versuchs zu annähernd 100% der wasserhaltenden Kraft des Bodens feucht erhalten. Abteilung II erhielt nur soviel Wasser

als zur Verhütung des Welkens erforderlich war. Abteilung III und IV wurden 3 Tage hindurch verdunkelt und die Feuchtigkeit des Bodens bei III entsprechend I, bei IV entsprechend II erhalten. Jod- bezw. Fehling'sche Lösung ergaben bei III und IV vor Ausführung des Versuches ein negatives Resultat. Nachdem nun 4 Uhr 20 Minuten eine 1% Nitratlösung angewendet war, ergab sich folgendes:

	Abteilung	nach 10 Minuten	nach 25 Minuten	nach 50 Minuten	nach 1 Std. 40 Minuten	nach 2 Std. 25 Minuten
beleuchtet	I feucht	Spur in den Wurzelhaaren	starke Reaktion in Wurzel, schwach im unteren Stengel	stark in Wurzel, schwach im unteren Stengel	stark in Wurzel, schwach bis zum Blattstiel	stark in Wurzel, Stengel und Blattstiel, Spur im Blatt
	II trocken	starke Reaktion in Wurzel, schwach im unteren Stengel	bis zum oberen Stengel und Blattstiel stark	stark in allen Teilen	stark in allen Teilen	stark in allen Teilen
verdunkelt	III feucht	in allen Teilen incl. Blatt stark	in allen Teilen stark	desgl.	desgl.	desgl.
	IV trocken	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.

Zusammenstellung der Resultate.

Aus den vorstehend erörterten Versuchen glaube ich demnach folgern zu können:

Der Zeitraum zwischen Nitratgabe und dem realen Auftreten desselben in den Wurzeln ist im allgemeinen von der Schnelligkeit des Transspirationsstromes abhängig, welcher durch Licht, Feuchtigkeit, Wärme und Verdunstungsoberfläche beeinflusst wird.

Bei Sinapis alba betrug die Frist $^1/_4$—1 Stunde
„ Trifolium hybridum $^3/_4$ Stunde,
„ Polygonum Fagopyrum 1—$1^1/_2$ Stunden,
„ Avena sativa 3 Stunden,
„ Hordeum vulgare 5 Stunden.

Jedoch sind diese Zeiträume schwankend und nach Beschaffenheit und Entwicklung der Pflanzen, sowie nach den Umständen, unter denen sie vegetieren sehr veränderlich. (cf. Serno l. c.)

Den weitgehendsten Einfluss auf die Schnelligkeit der Aufnahme, ihre Verbreitung innerhalb der Pflanze und die Intensität der Speicherung der Nitrate übt die Beleuchtung aus. Welcher Art dieser Einfluss ist, bleibt für mich so lange undiskutierbar, als noch keine besondere ernährungsphysiologische Untersuchungen über die Nitrat-Assimilation mit Erfolg angestellt sind und wir noch weit davon entfernt sind, in diesem Hauptpunkte klar zu sehen.

Vielleicht liesse sich nach dem Vorgange Wehmers, der über die Oxalsäureentstehung erfolgreich mit Pilzen

arbeitete, auch in unserer Frage einen Schritt vorwärts thun bei Benutzung saprophyter Pflanzen, bei denen man nicht nur die Nitratmenge, sondern auch, im Gegensatz zu höheren Pflanzen, die Kohlenstoffquelle ohne Schwierigkeiten quantitativ bemessen kann. Wenn ich mich daher, ohne auf den Chemismus einzugehen, begnüge, die Thatsachen, die ich beobachtete, anzuführen:

dass a) verdunkelte Pflanzen schneller und stärker Nitrat speichern als belichtete,

b) die Coincidenz im Verhalten von verdunkelten und in kohlensäurefreier Luft belichteten Pflanzen auch betreffs der Nitrataufnahme sich bemerkbar machte;

c) in beiden Fällen Glykose sich nur in geringen Spuren, Stärke aber überhaupt nicht sich nachweisen liess gegenüber den langsamer nitrataufnehmenden belichteten, in gewöhnlicher Luft vegetierenden Pflanzen,

wenn man ferner in Betracht zieht, dass

d) üppig entwickelte Pflanzen dieselbe Quantität salpetersaurer Salze schneller assimilieren als kümmerliche Exemplare,

e) letztere dagegen schneller Nitrat in sich aufnehmen und verbreiten,

und berücksichtigt man endlich

f) den Unterschied im Verhalten gegen Nitratzufuhr bei Pflanzen mit längerer oder kürzerer Frist seit der Assimilation der letzten Nitratgabe, sowie

g) den Verlauf der Assimilation des Nitrates, die stets von den Blättern aus ihren Anfang nimmt,

so ist offenbar anzunehmen, ohne sich zu weit auf das Gebiet der Hypothese wagen zu müssen, dass mindestens die Wahrscheinlichkeit eines kausalen Zusammenhanges

zwischen Kohlensäure- und Nitrat-Assimilation bei höheren Pflanzen eine sehr grosse ist.

Je nach dem Überwiegen der auf die Produktion des N-freien Materials oder auf die Transspiration einwirkenden Faktoren wird sich eine die Geschwindigkeit des Auftretens und die Verbreitung des Nitrates im Pflanzenkörper bestimmende Resultierende ergeben. Besondere Umstände: Nitratmangel im Substrat, Eigenart in der Lebensweise der Gattungen und Spezies (Mycorrhiza symbiose) vermögen hier Abänderungen und Ausnahmen herbeizuführen. Entsprechend einigen Gattungen mit hervorragendem Speicherungsvermögen giebt es notorisch nitratfreie Pflanzen, welche dank ihrer ausserordentlich energischen Verarbeitung eine Speicherung salpetersaurer Salze unter normalen Verhältnissen nicht eintreten lassen und auf die Aufnahme derselben in ihrer Ernährung auch nicht angewiesen sind (Rhizobiensymbiose). Immerhin ist es möglich, durch geeignete Bedingungen bei ersteren die Assimilation überwiegen zu lassen, bei letzteren durch Beschränkung derselben unzersetztes Nitrat bis in Stengel und Blatt temporär in reale Erscheinung treten zu lassen. Die Einwirkung der Feuchtigkeit markierte sich ebenfalls sehr deutlich auf Tabelle A und B. Abgesehen von der direkten Anreicherung, könnte die Wirkung der Niederschläge in der Lösung und Zuführung von ausserhalb des Wurzelbereiches im Boden befindlichem Nitrat zu suchen sein. Betreffs der Einwirkung auf die Schnelligkeit der Aufnahme machte sich eine Verlangsamung gegenüber Pflanzen in trockenem Boden bemerkbar. Dieselben Momente sind für die Verbreitung und die Dauer der Anwesenheit nicht assimilierten Nitrates im Pflanzenkörper zutreffend und würden die Periodizität in der Verbreitung bei Tag und Nacht ohne Zwang erklärlich erscheinen lassen.

In den dem Ferntransport dienenden Fibrovasalsträngen konnte ich nach stattgefundener Aufnahme Nitrat nur in

geringen Mengen nachweisen, mehr in den die Gefässe umgebenden Scheiden, am meisten aber in den durch ihren anatomischen Bau dazu geeigneten grosszelligen vakuolenreichen Rinden- und Markparenchymzellen. Bei typischen Salpeterpflanzen ist auch, ohne dass die Entwickelung auf stark nitrathaltigem Substrat stattfand, Nitrat im Mesophyll besonders nach Verdunkelung reichlich vertreten. Wie bereits oben vorausgeschickt, vollzog sich die Abnahme in der Verbreitung stets von den Blättern ausgehend. Die letzten unverarbeiteten Reste erhielten sich am längsten im allgemeinen im unteren Stengel[1], die Unmöglichkeit weiterer Nitrataufnahme durch die Wurzel vorausgesetzt. In ihrer Gesamtheit scheinen mir die beobachteten Thatsachen darauf hinzudeuten, dass die Nitratassimilation vom grünen Blatte ausgeht, ohne an diesen Ort im weiteren Verlauf des Vorganges gebunden zu sein, sodass sie, wie Frank inaugurierte, nach unten fortschreitend, schon in der Wurzel stattfinden kann.

Die Menge des gespeicherten Nitrates weist bei den Leguminosen und denjenigen Pflanzen, die in ihrer Ernährung auf Nitratstickstoff angewiesen sind, durchgreifende Unterschiede nicht auf. Wohl aber zeigen sich innerhalb der beiden Gruppen die mannigfaltigsten Verschiedenheiten und Übergänge. Während Lupinus luteus sehr wenig Nitrat speicherte, war bei Vicia Faba das gespeicherte Nitrat dem Gehalt des Bodens in der Reihe A—E (0,01—1,00 g N) ungefähr proportional.

Es leuchtet ein, dass der absolute Gehalt sein Maximum dann erreicht, wenn die Pflanzen, genügend Nitrat im Boden vorausgesetzt, den grössten Raum zur

---

[1] cf. Drews: Die Regulation des osmotischen Druckes in Meeresalgen bei Schwankungen des Salzgehaltes im Aussenmedium p. 43. Der Autor gelangte bei Versuchen mit Chlornatrium zu demselben Resultat und nimmt die Transspiration als Grund der Erscheinung an.

Speicherung gewähren, dass also das absolute Maximum um so später eintritt, je mehr die Pflanzen noch an Substanz zunehmen. Wohl aber wäre zu erwarten gewesen, dass bei Pflanzen auf nitratreichem Boden der Kulminationspunkt der prozentischen Kurve im Beginn der Entwickelung bei verhältnismässig geringer, vorwiegend parenchymatischer, speicherungsfähiger Pflanzensubstanz und reichlichen zu Gebote stehenden Nitratmengen liegen werde. Ebenso, dass mit der Zunahme in der Entwickelung die Wahrscheinlichkeit schwinde, dass das Verhältnis von absolutem Nitratgehalt zur Trockensubstanz, auf das es ankommt, in Folge eintretender Differenzierung des Gewebes in Teile, von denen viele nicht mehr zur Speicherung befähigt sind, jemals wieder so enge Grenzen erreichen werde, wie im jugendlichen Stadium. Bei Vicia Faba zeigte sich aber das Maximum des Prozentgehaltes erst im Verlauf der Entwickelung, ebenso ist bei Hordeum vulgare und Brassica Napus eine Verschiebung des prozentischen Kulminationspunktes nach rechts zu bemerken, je mehr Nitrat zur Verfügung stand, wenngleich bei diesen Pflanzen durch vermehrtes zu Gebote stehendes Nitrat eine entsprechende Vermehrung der Trockensubstanz und dadurch ein Deprimieren des Prozentgehaltes in Betracht zu ziehen ist.

Die von Sorokin beobachtete Thatsache, dass bei Polygonum der Prozentgehalt sein Maximum zur Zeit der Fruchtbildung erreichte, dürfte unter der Praemisse, dass der betreffenden Versuchspflanze grosse Mengen Nitrat im Überschuss zu Gebote standen, demnach durch die vorstehenden Versuche bestätigt sein; unter normalen Verhältnissen jedoch sind die Nitratmengen der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen zur Zeit der Ernte verschwindend geringe, da sich zur Blütezeit bereits eine starke Abnahme bemerkbar macht. Es mögen anatomische oder physiologische Ursachen sein, welche veranlassen, dass im Anfangsstadium der Entwickelung selbst bei grossem

Überschuss nur eine bestimmte Quantität Nitrat aufgenommen wird. Das Maximum scheint anfangs in der Nähe der D-Kurve (0,5 g N pr. Gefäss) (Tab. E) zu liegen; erst später beginnt die E-Kurve (1,0 g) zu dominieren. Dasselbe macht sich auch bei den Trockensubstanzkurven bemerkbar[1]. Vielleicht ist es hier die starke Konzentration der Salzlösung, welche durch Schliessen der Spaltöffnungen die Transspiration vermindert und dadurch die Pflanze veranlasst, nur eine bestimmte ihr nicht schädliche Menge aufzunehmen, dadurch aber zugleich eine geringere Produktion an Trockensubstanz auf kurze Zeit herbeiführt. In der Fragestellung der Arbeit lag es nicht, den Einfluss der Salpetersäure auf die Farbstoffproduktion zu verfolgen. Aus den auf Tab. C und D angeführten Zahlen ist jedoch ersichtlich, wie scharf die auf Nitrat angewiesene Pflanze in diesem Punkte auf Zufuhr des N als des Minimalfaktors reagiert.

Betreffs der Wirkung der gleichen Menge (0,5 g) Nitratstickstoffes, welche kurz vor der Blütezeit Pflanzen zugeführt wurde, denen verschiedene Mengen Nitrat während ihrer Entwickelung zur Verfügung gestanden hatten, ergab sich folgende Übersicht:

[1] cf. Stange: Beziehungen zwischen Substrat-Konzentration, Turgor und Wachstum bei einigen phanerogamen Pflanzen.

Hordeum vulgare.

Gefäss	Nitratstickstoff im Boden g	Erntegewicht einer Pflanze (lufttrocken) in g			Nitratgehalt (N_2O_5) in % zur Zeit der Ernte	Vergleich der Zunahme an Trockensubstanz wenn E = 100
		Stroh und Wurzeln	Körner	Summa		
A	0,01	0,17	0,00	0,17	—	4,08
B	0,05	0,26	0,02	0,28	—	6,72
C	0,10	0,39	0,08	0,47	—	11,28
D	0,50	2,05	0,86	2,91	—	69,84
* A^1	0,01 + 05	0,41	0,18	0,59	0,08	14,16
B^1	0,05 + 05	0,94	0,31	1,25	0,03	30,00
C^1	0,10 + 05	0,98	0,37	1,35	0,01	32,40
D^1	0,5 + 0,5	3,06	1,25	4,31	—	79,44
E	1,0	3,08	1,08	4,16	—	100,00
E^1	1,0+0,5	3,20	1,18	4,38	—	105,12
F	3,0	3,52	1,44	4,96	0,50	119,04
G	4,5	3,47	1,30	4,77	0,61	114,48

* nicht völlig reif.

Brassica Napus oleifera annua.

Gefäss	Nitratstickstoff im Boden g	Erntegewicht einer Pflanze (lufttrocken) in g			Nitratgehalt (N_2O_5) in % zur Zeit der Ernte	Vergleich der Zunahme an Trockensubstanz wenn E = 100
		Stroh und Wurzeln	Körner	Summa		
A	0,01	0,06	0,02	0,08	—	1,92
B	0,05	0,10	0,06	0,16	—	3,84
C	0,10	0,28	0,17	0,45	—	10,80
D	0,50	1,15	0,65	1,80	—	43,20
A^1	0,01 + 0,5	0,91	0,44	1,35	0,01	32,40
B^1	0,01 + 0,5	1,23	0,46	1,69	0,007	40,56
C^1	0,10 + 0,5	1,66	0,52	2,18	—	52,32
D^1	0,5 + 0,5	2,53	0,93	3,46	—	83,04
E	1,00	2,95	1,20	4,15	—	100,00
E^1	1,0 + 0,5	2,75	1,70	4,45	—	106,80

Vicia Faba.

Gefäss	Nitrat-stick-stoff im Boden g	Erntegewicht einer Pflanze (lufttrocken) in g			Nitrat-gehalt (N_2O_5) in % zur Zeit der Ernte	Verleich der Zunahme an Trocken-substanz wenn E = 100
		Stroh und Wurzeln	Körner	Summa		
A	0,01	8,10	1,85	9,95	—	97,70
B	0,05	9,30	2,64	11,94	—	117,25
C	0,10	8,30	2,10	10,40	—	102,12
D	0,50	8,80	2.41	11.21	—	110,08
A^1	0,01 + 0,5	8,01	1,02	9,03	—	88.67
B^1	0,05 + 0.5	7,93	1,84	9.77	—	95.94
C^1	0,10 + 0.5	8,11	1,97	10,08	—	98,98
D^1	0.5 + 0,5	8.45	2,33	10,78	—	105,85
E	1,00	8,10	2.08	10,18	—	100,00
E^1	1.0 + 0,5	7,76	1,14	9,90	—	97,21

Würde man demnach Versuche ausführen mit verschiedenen Nitratquantitäten, welche erst im Verlauf der Entwickelung den Pflanzen zugeführt werden, so wäre die Möglichkeit gegeben, unter der Voraussetzung, dass alle übrigen Pflanzennährstoffe in ausreichendem Masse zur Verfügung stehen, die Zahlenreihen über Mehrproduktion von Pflanzenmasse durch eine bestimmte Menge Nitrat[1], auch unter Berücksichtigung des Entwickelungszustandes der Pflanzen weiter auszubauen, um im konkreten Falle praktische Verwendung finden zu können.

[1] Von Wagner aufgestellt.

Vorstehende Arbeit wurde vom Frühjahr 1896 bis zum Herbst 1897 auf der landwirtschaftlichen Versuchsstation zu Rostock ausgeführt.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Heinrich für das rege Interesse, welches derselbe an dem Fortgang meiner Arbeit nahm und für die mir zu teil gewordene gütige Unterstützung auch an dieser Stelle meinen ergebensten Dank auszusprechen.

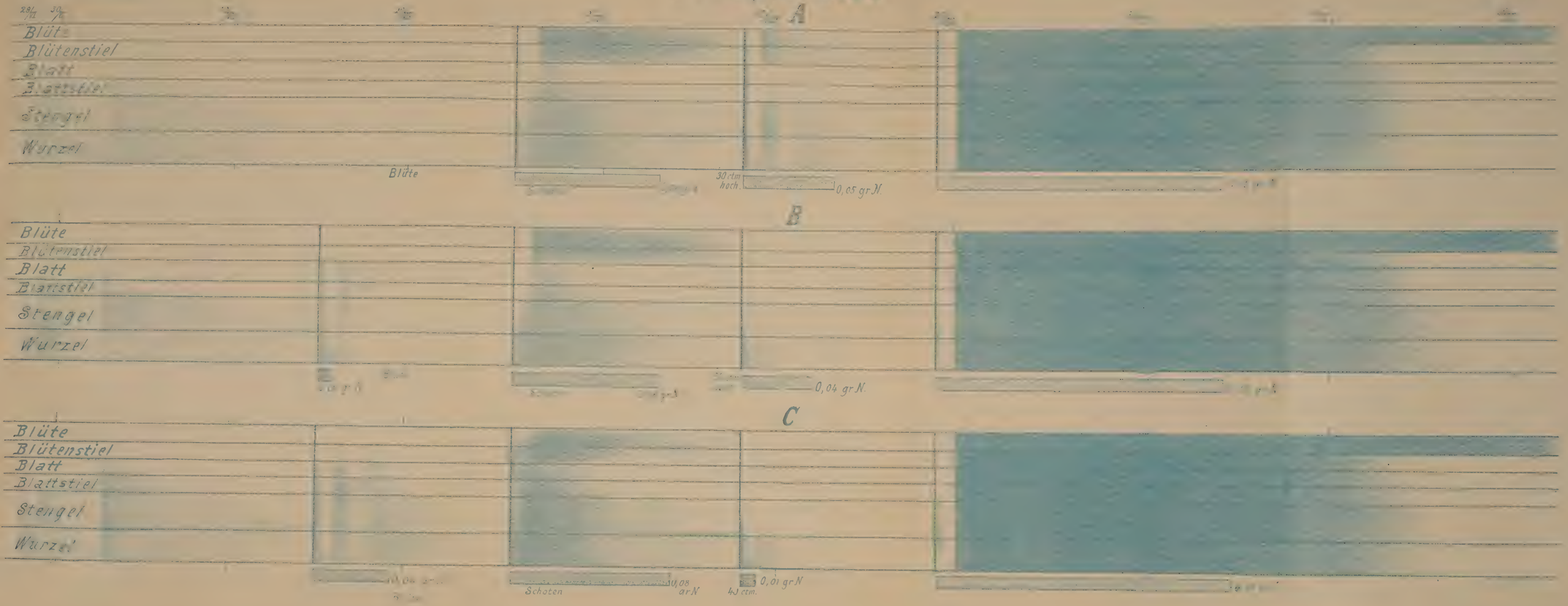
Rostock im Oktober 1897.

Der Verfasser.

Aussaat am 22/VI

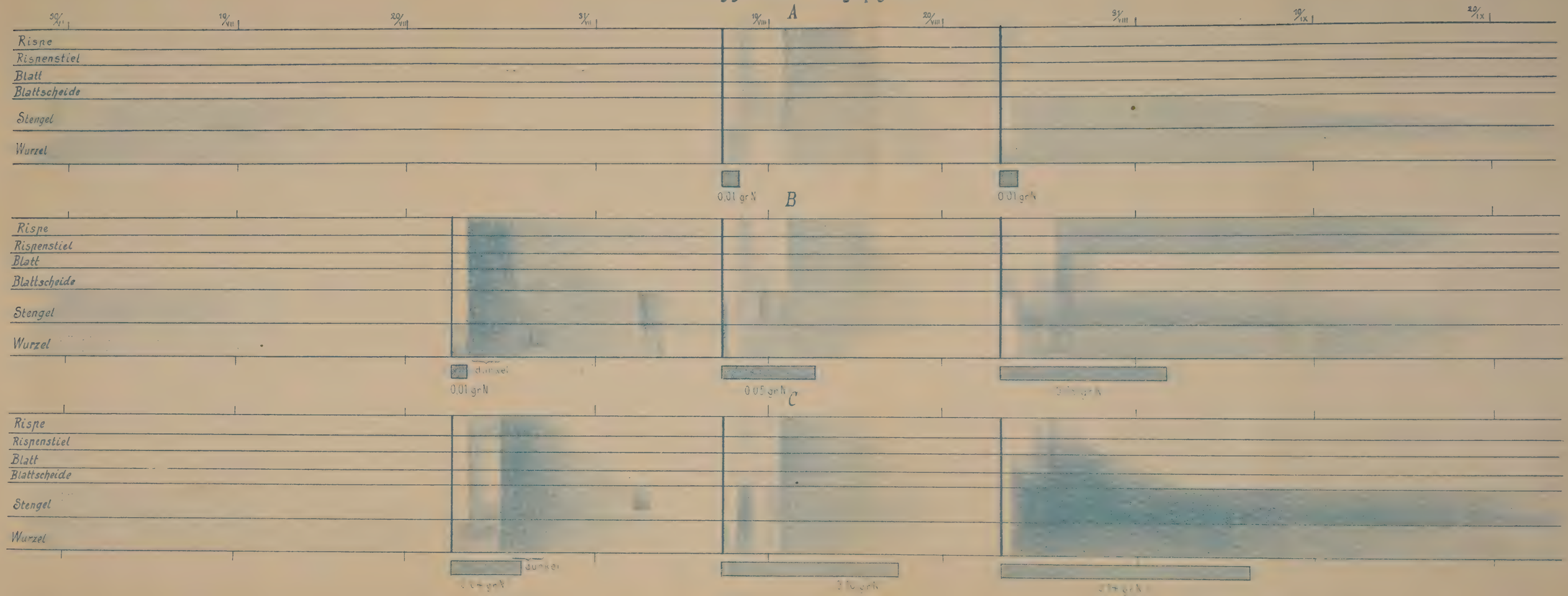
Sinapis alba

Tab. A.



Tab. 1.

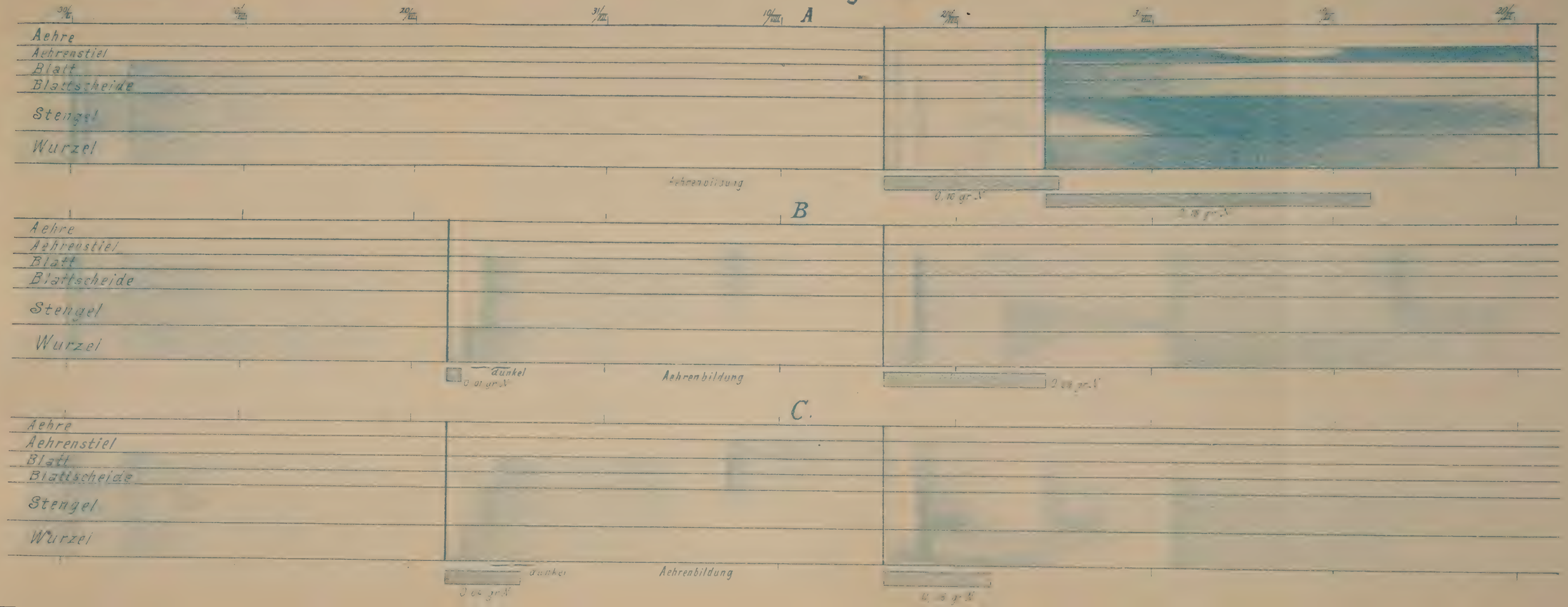
Polygonum fagopyrum



Aussaat am 22/1
0,011 % Gesamtstickstoff

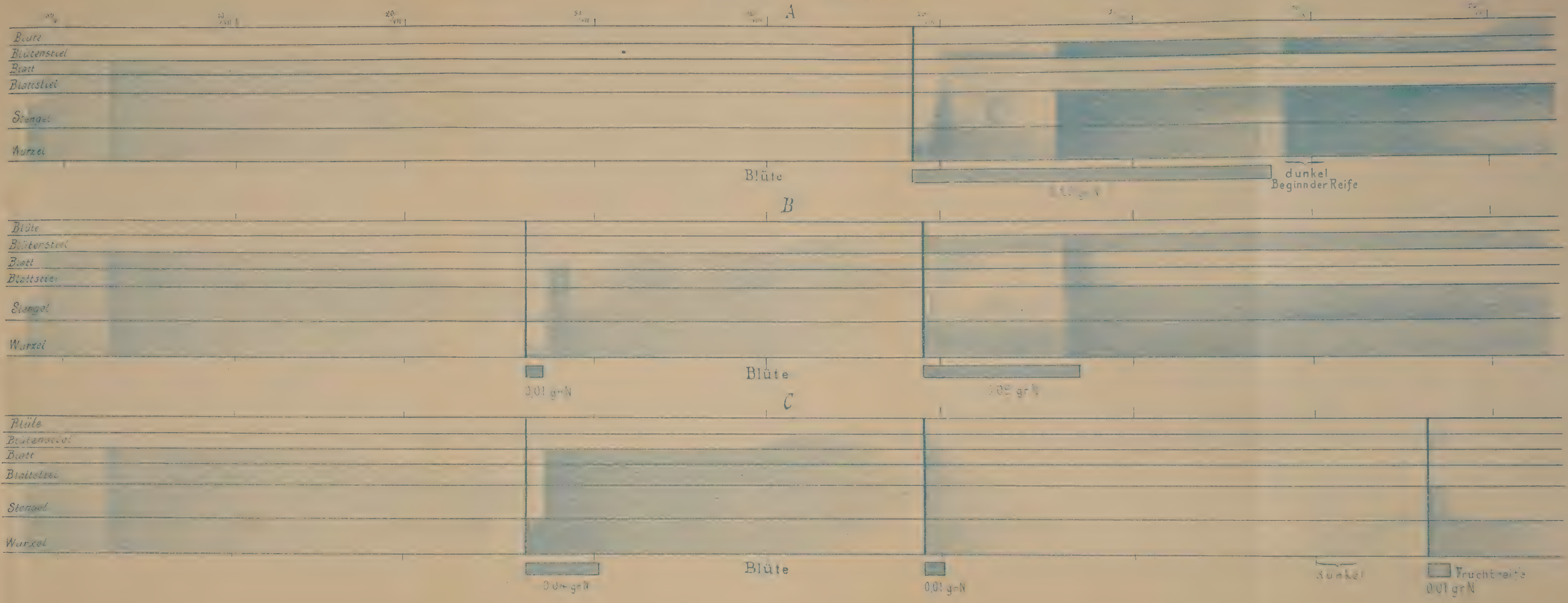
Hordeum vulgare

Tab. A.



Tab. A

Avena sativa



Aussaat am 22/VI

Trifolium hybridum.

Tab. A.

A

Blatt

Blattstiel

Wurzel

B

Blatt

Blattstiel

Wurzel

C

Blatt

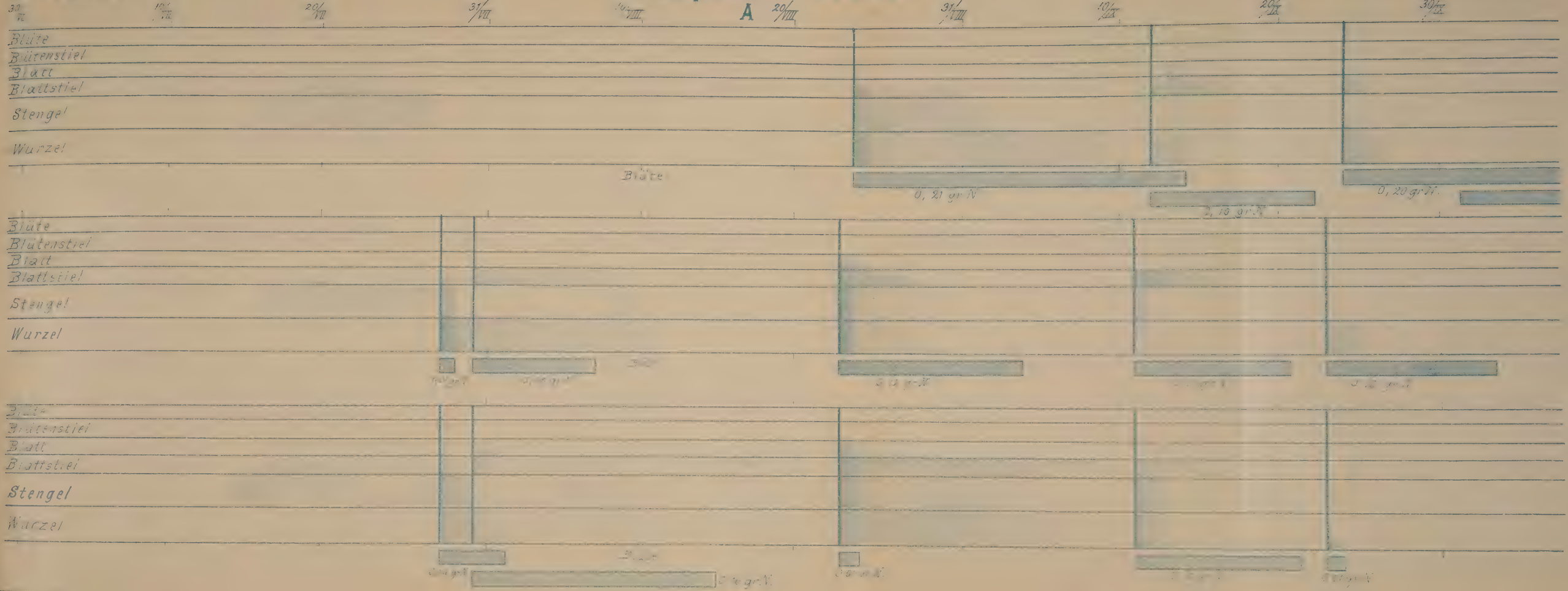
Blattstiel

Wurzel

Lupinus luteus.

Tab. A.

A



Aussaat am 22/VI
U in % Gesamt-N.

Pisum sativum.

Tab. A.

A.

Blüte
Blütenstiel
Blatt
Blattstiel
Stengel
Wurzel

Blüte — Erisyphe — Stirbt ab

B.

Blüte
Blütenstiel
Blatt
Blattstiel
Stengel
Wurzel

Blüte — Erisyphe

C.

Blüte
Blütenstiel
Blatt
Blattstiel
Stengel
Wurzel

Blüte — Erisyphe — Stirbt ab

Brassica Napus oleifera annua.

Tab. B.

A. 0,01 gr N.

	20/V	31/V	10/VI	20/VI	30/VI	10/VII	30/VII
Blüte							
Blütenstiel							
Cotyledonen							
" Stiel							
hypocotyles Glied							
Wurzel	+						
	0,5 ctm.	1.ª Laubblatt		Knospenbildung 3,5 ctm.	6 ctm. Blüte.	11 ctm.	12 ctm.	15 ctm.
			Xm	Xm	VIII h	VIII l	Xm	IXm-v

B. 0,05 gr N

Blüte								
Blütenstiel								
Cotyledonen								
" Stiel								
hypocotyles Glied								
Wurzel	+							
	0,5 ctm.	1.ª Laubblatt	4.ª Blatt		Knospenbildung 7 ctm.	15 ctm. Blüte	16 ctm.	19 ctm	23 ctm.
			XII k	Xm	IX k	Xn	Xo	IXi-v

C. 0,1 gr N.

Blüte								
Blütenstiel								
Cotyledonen								
" Stiel								
hypocotyles Glied								
Wurzel	+							
	0,5 ctm.	1.ª Laubblatt	2.ª Laubblatt	4.ª Blatt	Knospenbildung 10 ctm.	26 cm. Blüte.	27 ctm.	37 ctm.	38 ctm.
			XIII i	XII l	Xm	Xk	Xm	IXm	

D. 0,5 gr N.

Blüte								
Blütenstiel								
Cotyledonen								
" Stiel								
hypocotyles								
Wurzel	+							
	0,5 ctm.	1.ª Laubblatt	2.ª Laubblatt. 4.ª Blatt		Knospenbildung 19 ctm.	52 ctm. Blüte	64 ctm.	64 ctm.	64 ctm.
			XIV n	XIII n	XII i	XI n	XI n	Xo	

E. 1,0 gr N.

Blüte								
Blütenstiel								
Cotyledonen								
" Stiel								
hypocotyles Glied								
Wurzel	+							
	0,5 ctm	1.ª Laubblatt	2.ª Laubblatt		Knospenbildung 18,5 ctm.	Blüte 44 ctm.	55 ctm.	56 ctm.	58 ctm.
			XIV k	XIV k	XIV h	XIII i	XII k	XI k	

Aussaat am 5/V.

Hordeum vulgare.

Tab. B.

A 0,01 gr N.

19/V | 28/V | 3/VI | 10/VI | 20/VI | 30/VI | 10/VII | 24/VII

Blüte (Aehre)
Blütenstiel
Blattspreite
Blattscheide
hypocotyles Glied
Wurzel

4 ctm. — 2tes Blatt entwickelt — 8,6 ctm. — 9 ctm. — 14 ctm — 15 ctm. Blüte — 19 ctm.

IX s-i | IX n-v | IX n-v | X n-v | XI g-v | X n-v | X o-v

B 0,05 gr N.

Blüte (Aehre)
Blütenstiel
Blattspreite
Blattscheide
hypocotyles Glied
Wurzel

4 ctm. — 2tes Blatt entwickelt — 14 ctm. — 16 ctm. — 21 ctm. — 21 ctm. Blüte — 26 ctm.

XI m-r | X m-s | X m-v | XI o | X p-v | X k-v | X o-v

C. 0,10 gr N.

Blüte (Aehre)
Blütenstiel
Blattspreite
Blattscheide
hypocotyles Glied
Wurzel

4 ctm. — 3tes Blatt entwickelt — 10 ctm. — 18,5 ctm. — 22 ctm. — 26 ctm. Blüte — 30 ctm. — 34 ctm.

XII l-p | XI g-v | X k-v | X n-v | XI n-v | XI o-v | XI g-v

D. 0,5 gr N.

Blüte (Aehre)
Blüthenstiel
Blattspreite
Blattscheide
hypocotyles Glied
Wurzel

3tes Blatt entwickelt — 5tes Blatt — 32 ctm. — 43 ctm. — 54 ctm. Blüte — 64 ctm — 65 ctm.

XIII h | XIII i | XIII l-v | XII m | XI n-v | XI n-v | XI n-v

E. 1,0 gr N.

Blüte (Aehre)
Blütenstiel

3tes Blatt entwickelt — 5tes Blatt — 35 ctm. — 56 ctm. — 63 ctm Blüte — 72 ctm. — 82 ctm.

XIV i | XIV h | XIII i | XIII h | XIII k- | XI k-v | X l-v

Brassica Napus oleifera annua.

Übersicht über Trockensubstanz-Zunahme und Nitratgehalt.

Tab. C.
cf. p. 46

Datum	A 0,01 g N				B 0,05 g N				C 0,10 g N				D 0,50 g N				E 1,0 g N			
	Trockensubst. 1 Pfl. in g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe[3]	Trockensubst. g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe[3]	Trockensubst. g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe[3]	Trockensubst. g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe[3]	Trockensubst. g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe[3]
15. V.	0,0047	0,000015	0,32		0,0043	0,000045	1,04		0,0050	0,000048	0,96		0,0057	0,000060	1,05		0,0066	0,000058	0,87	
22./V.	0,0050	0,000071	1,42		0,0066	0,000113	2,01		0,0090	0,000275	3,05		0,0085	0,000447	5,25		0,0073	0,000198	2,71	
29. V.	0,0133	0,000053	0,39		0,0204	0,000180	0,88		0,0333	0,000386	1,15		0,0315	0,000652	2,07		0,0358	0,000604	1,68	
5./VI.	0,0285	0,000048	0,16	X m	0,0466	0,000053	0,11	XII k	0,1601	0,000241	0,15	XIII i	0,3852	0,010634	2,76	XIV n	0,3572	0,014502	4,06	XIV k
12./VI.	0,035	0,000051	0,14	X m	0,097	0,000062	0,06	X m	0,186	0,000097	0,05	XII l	0,640	0,000362	0,05	XII n	0,565	0,004954	0,87	XIV k
19. VI.	0,070	0,00	—	VIII h	0,102	0,00	—	IX k	0,281	0,00	—	X m	0,935	0,00	—	XII i	1,641	0,000531	0,03	XIV k
[1] 26./VI.	0,113	0,000450	0,39	VIII l	0,150	0,000362	0,24	X m	0,318	0,000548	0,17	X k	2,421	0,0000819	0,003	XI n	1,983	0,000105	0,005	XIII i
[2] 3./VII.	0,120	0,00	—	X m	0,154	0,00	—	X o	0,321	0,000015	0,004	X m	2,430	0,000050	0,002	XI n	2,314	0,000034	0,001	XII k
10./VII.	0,095	0,00	—	IX m-v	0,150	0,00	—	XI i	0,284	0,00	—	IX m	1,892	0,00	—	X o	2,075	0,00	—	XI k
17./VII.	0,089	0,00	—		0,153	0,00	—		0,450	0,00	—		1,583	0,00	—		2,914	0,00	—	

[1] cf. Tab. F
[2] exclus. der abgefallenen welken Blätter.
[3] nach der Radde'schen Farbentafel.

Hordeum vulgare.

Übersicht über Trockensubstanz-Zunahme und Nitratgehalt.

Tab. C.
cf. p. 46

Dat.	A 0,01 g N				B 0,05 g N				C 0,10 g N				D 0,50 g N				E 1,0 g N			
	Trockensubst. 1 Pfl. g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe[2]	Trockensubst. g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe[2]	Trockensubst. g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe[2]	Trockensubst. g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe[2]	Trockensubst. g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe[2]
15./V.	0,0301	0,000145	0,48		0,0300	0,000181	0,60		0,0416	0,000175	0,42		0,0450	0,000217	0,48		0,0333	0,000200	0,60	
22./V.	0,0305	0,000043	0,14		0,0333	0,000158	0,47		0,0426	0,000282	0,66		0,0478	0,000522	1,09		0,0433	0,000652	1,50	
29./V.	0,0381	0,000062	0,16		0,0596	0,000130	0,22		0,0700	0,000217	0,31		0,0854	0,001474	1,72		0,0860	0,001591	1,85	
5./VI.	0,0465	0,000039	0,08	IX s-i	0,1051	0,000089	0,08	XI m-r	0,1384	0,000145	0,10	XII l-p	0,3862	0,000372	0,09	XIII h	0,3083	0,005559	1,80	XIV l
12./VI.	0,061	0,000038	0,06	IX n-v	0,128	0,000071	0,05	X m-s	0,190	0,000098	0,05	XI q-v	0,883	0,000314	0,03	XII l	0,981	0,000870	0,08	XIV h
19./VI.	0,068	0,000025	0,03	IX n-v	0,148	0,000076	0,05	X m-v	0,197	0,000072	0,03	X k-v	1,252	0,000241	0,02	XII i-v	1,620	0,000316	0,02	XIII i
[1] 26./VI.	0,073	0,000386	0,52	X n-v	0,156	0,000749	0,46	XI o-v	0,214	0,000514	0,24	X n-v	1,315	0,000432	0,03	XII m	2,451	0,000256	0,01	XIII h
3./VII.	0,112	0,00	—	XI q-v	0,184	0,00	—	XI p-v	0,320	0,000053	0,01	XI n-v	1,331	0,000110	0,008	XI n-v	2,594	0,000079	0,003	XII k-v
10./VII.	0,136	0,00	—	X n-v	0,193	0,00	—	X k-v	0,329	0,00	—	XI o-v	1,520	0,00	—	XI n-v	2,881	0,00	—	XI k-v
17./VII.	0,155	0,00	—	X o-v	0,270	0,00	—	X o-v	0,454	0,00	—	XI q-v	2,895	0,00	—	XI n-v	4,061	0,00	—	X l-v

[1] cf. Tab. F.

[2] Nach der Radde'schen Farbentafel.

Vicia Faba.

Übersicht über Trockensubstanz-Zunahme und Nitratgehalt.

Tab. C.
cf. p. 46.

Dat.	A 0,01 g N				B 0,05 g N				C 0,10 g N				D 0,50 g N				E 1,0 g N			
	Trocken-subst. 1 Pfl.	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe[1]	Trocken-subst.	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe[1]	Trocken-subst.	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe[1]	Trocken-subst.	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe[1]	Trocken-subst.	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe[1]
15./V.	0,9560	0,00	—		0,8749	0,00	—		1,1043	0,00	—		1,0032	0,00	—		0,9680	0,00	—	
22./V.	1,4602	0,000168	0,01		1,5000	0,000314	0,02		1,8786	0,000870	0,04		1,6250	0,001087	0,06		1,2532	0,000652	0,05	
29./V.	1,6530	0,000725	0,04		1,6452	0,000483	0,03		1,945	0,001087	0,05		1,827	0,002316	0,12		1,503	0,001691	0,11	
5./VI.	2,053	0,000435	0,02	XIII k	2,121	0,000652	0,03	XIII k	2,075	0,001305	0,06	XIII k	2,224	0,002658	0,11	XIII k	2,033	0,009184	0,45	XIII k
12./VI.	2,092	0,000108	0,005	XV o	2,368	0,000513	0,02	XV o	2,231	0,000845	0,04	XV o	2,257	0,003504	0,15	XV o	2,680	0,00338	0,12	XV o
19./VI.	2,941	0,00	—	XIII h	3,591	0,00	—	XIII h	3,846	0,00	—	XIII h	3,012	0,000253	0,008	XIII h	3,754	0,001211	0,03	XIII h
26./VI.	3,968	0,00	—	XII f	5,107	0,00	—	XII f	4,820	0,00	—	XII f	3,891	0,000410	0,01	XII f	4,835	0,001160	0,02	XII f
3./VII.	4,914	0,00	—	XI i	5,301	0,00	—	XI i	6,348	0,00	—	XI i	6,264	0,00	—	XI i	6,05	0,00029	0,004	XI i
10./VII.	5,806	0,00	—	XI p	8,134	0,00	—	XI p	7,971	0,00	—	XI p	8,106	0,00	—	XI p	8,240	0,00	—	XI p
17./VII.	6,918	0,00	—		8,485	0,00	—		8,096	0,00	—		8,114	0,00	—		8,229	0,00	—	

[1] Nach der Radde'schen Farbentafel.

Brassica Napus oleifera annua.

Übersicht über Trockensubstanz-Zunahme und Nitratgehalt durch ein für alle Pflanzen gleiche Nitratgabe von 0,5 g N nach 45 Vegetationstagen.

Tab. D. cf. p. 46

		A¹ 0,01 g N				B¹ 0,05 g N				C¹ 0,1 g N				D¹ 0,5 g N				E¹ 1,0 g N			
	Dat.	Trockensubst. 1 Pfl. in g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe	Trockensubst. 1 Pfl. in g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe	Trockensubst. 1 Pfl. in g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe	Trockensubst. 1 Pfl. in g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe	Trockensubst. 1 Pfl. in g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe
gleich Reihe A B C D E	15./V.	0,0047	0,000015	0,32		0,0043	0,000045	1,04		0,0050	0,000048	0,96		0,0057	0,000060	1,05		0,0066	0,000058	0,87	
	22./V.	0,0050	0,000071	1,42		0,0066	0,000113	2,01		0,0090	0,000275	3,05		0,0085	0,000447	5,25		0,0073	0,000198	2,71	
	29./V.	0,0133	0,000053	0,39		0,0204	0,000180	0,88		0,0333	0,000386	1,15		0,0315	0,000652	2,07		0,0358	0,000604	1,68	
	5./VI.	0,0285	0,000048	0,16	X m	0,0466	0,000053	0,11	XII k	0,1601	0,000241	0,15	XIII i	0,3852	0,010634	2,76	XIV n	0,3572	0,014502	4,06	XIV k
	12./VI.	0,035	0,000051	0,14	X m	0,097	0,000062	0,06	X m	0,186	0,000097	0,05	XII l	0,640	0,000362	0,05	XIII n	0,565	0,004954	0,87	XIV k
+ 0,5 g N →	19./VI.	0,070	0,00	—	VIII b	0,102	0,00	—	IX k	0,281	0,00	—	X m	0,935	0,00	—	XII i	1,641	0,000531	0,03	XIV k
	26./VI.	0,286	0,007000	2,44	XIII g	0,427	0,007634	1,78	XIII i	0,482	0,008601	1,78	XIII g	3,008	0,011653	0,38	XIII g	2,895	0,014743	0,51	XV i
	3./VII.	0,741	0,018849	2,54	XIII h	0,916	0,010917	1,19	XIII h	1,463	0,009788	0,64	XIII g	3,187	0,000459	0,01	XIII g	2,930	0,000171	0,005	XIII g
	10./VII.	1,210	0,005724	0,47	XIV h	1,383	0,004012	0,29	XIII f	1,59	0,000534	0,03	XII i	2,805	0,00	—	XI k	3,120	0,00	—	XII i
	17./VII.	1,325	0,004042	0,30		1,594	0,001934	0,12		2,057	0,000671	0,03		2,996	0,00	—		3,345	0,00	—	

← Entwickelungszustand cf. Tab. G.

Hordeum vulgare.

Übersicht über Trockensubstanz-Zunahme und Nitratgehalt durch eine für alle Pflanzen gleiche Nitratgabe von 0,5 gr N nach 45 Vegetationstagen.

Tab. D.

	Dat.	A¹ 0,01 g N				B¹ 0,05 g N				C¹ 0,1 g N				D¹ 0,5 g N				E¹ 1,0 g N			
		Trockensubst. 1 Pfl. in g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe	Trockensubst. 1 Pfl. in g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe	Trockensubst. 1 Pfl. in g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe	Trockensubst. 1 Pfl. in g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe	Trockensubst. 1 Pfl. in g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe
gleich Reihe ABCDE	15./V.	0,0301	0,000145	0,48		0,0300	0,000181	0,60		0,0416	0,000175	0,42		0,0450	0,000217	0,48		0,0333	0,000200	0,60	
	22./V.	0,0305	0,000043	0,14		0,0333	0,000158	0,47		0,0426	0,000282	0,66		0,0478	0,000522	1,09		0,0435	0,000652	1,50	
	29./V.	0,0381	0,000062	0,16		0,0596	0,000130	0,22		0,0700	0,000217	0,31		0,854	0,001474	1,72		0,0860	0,001591	1,85	
	5. VI.	0,0465	0,000039	0,08	IX s-i	0,1051	0,000089	0,08	XI m-r	0,1384	0,000145	0,10	XII l-p	0,3862	0,000372	0,09	XIII h	0,3083	0,005559	1,80	XIV l
	12. VI.	0,061	0,000038	0,06	IX n-v	0,128	0,000071	0,05	X m-s	0,190	0,000098	0,05	XI q-v	0,883	0,000314	0,03	XII l	0,981	0,000870	0,08	XIV h
+ 0,5 g N →	19./VI.	0,068	0,000025	0,03	IX n-v	0,148	0,000076	0,05	X n-v	0,197	0,000072	0,03	X q-v	1,252	0,000241	0,02	XII i-v	1,620	0,000316	0,02	XIII i
	26. VI.	0,135	0,000624	0,46	XIII h	0,341	0,000749	0,21	XIII i	0,387	0,000580	0,15	XIV n	1,65	0,001326	0,08	XIII i	2,058	0,003625	0,17	XIV k
	3./VII.	0,220	0,00435	1,97	XIII h	0,618	0,00584	0,94	XIII e	0,682	0,000861	0,12	XIII l	2,103	0,000605	0,03	XIII g	2,849	0,000434	0,01	XIII g
	10./VII.	0,319	0,00280	0,87	XIV i	0,795	0,00219	0,27	XIII g	0,848	0,000714	0,08	XIII e-v	2,576	0,000260	0,01	XII o-v	3,004	0,00021	0,007	XII g-v
	17./VII.	0,367	0,00114	0,31	XIII g	0,807	0,00105	0,13	XIII g	0,894	0,000318	0,03	XIII g-v	3,056	0,000285	0,009	XIIk-v	4,332	0,00020	0,004	XII g-v

← Entwickelungszustand cf. Tab. G.

Vicia Faba.

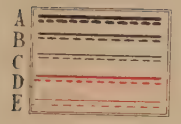
Übersicht über Trockensubstanz-Zunahme und Nitratgehalt durch eine für alle Pflanzen gleiche 2. Nitratgabe von 0,5 g N nach 45 Vegetationstagen.

Tab. D. cf. p. 46.

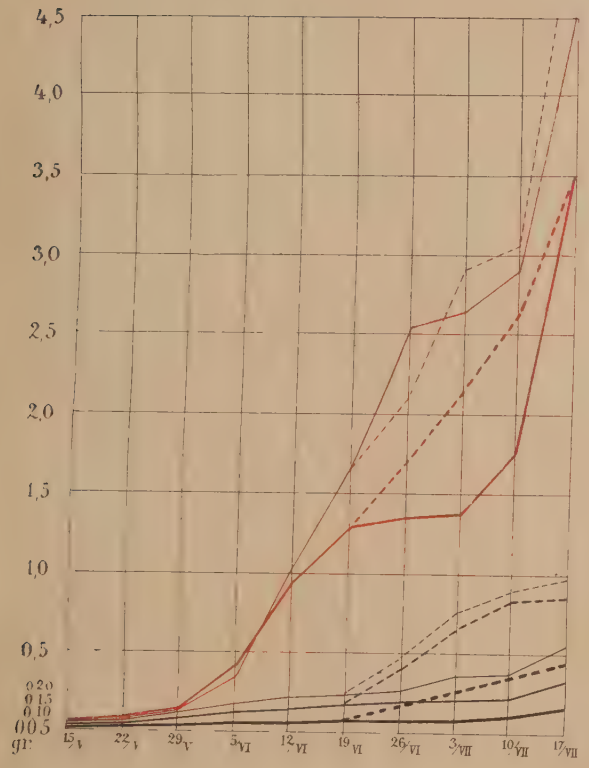
	Datum	A¹ 0,01 g N				B¹ 0,05 g N				C¹ 0,1 g N				D¹ 0,5 g N				E¹ 1,0 g N			
		Trockensubst. 1 Pfl. g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe	Trockensubst. 1 Pfl. in g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe	Trockensubst. 1 Pfl. g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe	Trockensubst. 1 Pfl. in g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe	Trockensubst. 1 Pfl. in g	N_2O_5 in g	N_2O_5 in %	Farbe
gleich Reihe A B C D E	15./V.	0,9560	0,00	—		0,8749	0,00	—		1,1043	0,00	—		1,0032	0,00	—		0,9680	0,00	—	
	22./V.	1,4602	0,000168	0,01		1,5000	0,000314	0,02		1,8786	0,000870	0,04		1,6250	0,001086	0,06		1,2532	0,000652	0,05	
	29./V.	1,6530	0,000725	0,04		1,6462	0,000483	0,03		1,945	0,001087	0,05		1,827	0,002316	0,12		1,503	0,001691	0,11	
	5./VI.	2,053	0,000435	0,02	XIII k	2,121	0,000652	0,03	XIII k	2,075	0,001305	0,06	XIII k	2,224	0,002658	0,11	XIII k	2,033	0,009184	0,45	XIII k
	12./VI.	2,092	0,000108	0,005	XV o	2,368	0,000513	0,02	XV o	2,231	0,000845	0,04	XV o	2,257	0,003504	0,15	XV o	2,680	0,00338	0,12	XV o
+ 0,5 g N →	19./VI.	2,941	0,00	—	XIII h	3,591	0,00	—	XIII k	3,846	0,00	—	XIII h	3,012	0,000253	0,008	XIII h	3,754	0,001211	0,03	XIII h
	26./VI.	4,801	0,000123	0,002	XII f	5,270	0,000304	0,005	XII f	4,545	0,000431	0,009	XII f	3,816	0,001435	0,03	XII f	4,574	0,002900	0,06	XII f
	3./VII.	4,827	0,000084	0,001	XI i	5,530	0,000230	0,004	XI i	4,671	0,000310	0,004	XI i	4,902	0,000557	0,01	XI i	4,753	0,000310	0,006	XI i
	10./VII.	6,104	—	—	XI p	8,077	0,000045	0,0005	XI p	6,751	0,000028	0,0004	XI p	7,193	0,000038	0,0005	XI p	7,864	0,000074	0,0009	XI p
	17./VII.	7,017	0,00	—		8,165	0,000058	0,0007		6,994	0,00	—		7,642	0,000014	0,0001		7,941	0,000101	0,001	

← Entwickelungszustand cf. Tab. G.

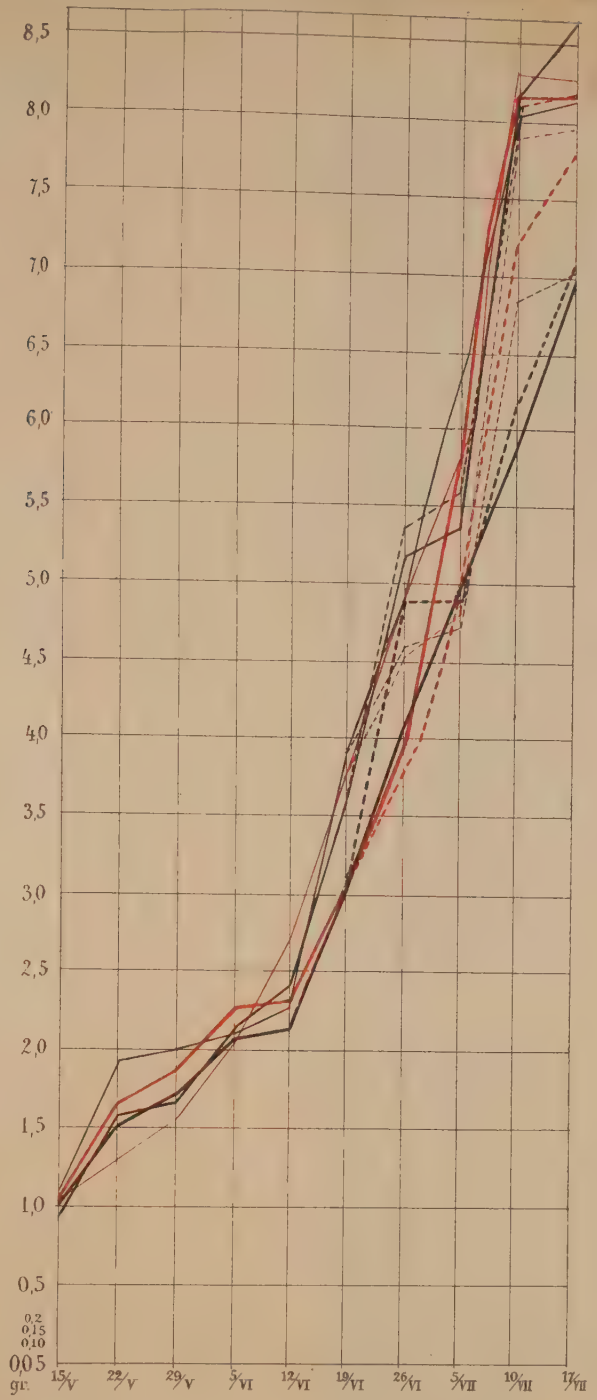
Übersicht über Trockensubstanz Zunahme bei



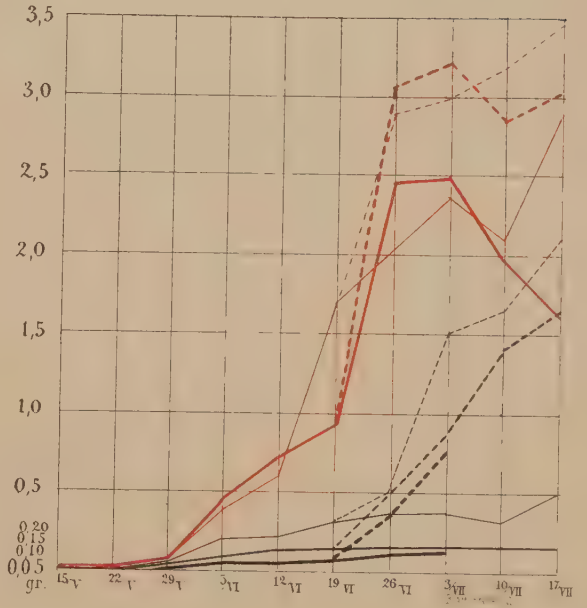
volle Linien-A B C D E
punktierte Linien-A' B' C' D' E'



Hordeum vulgare.



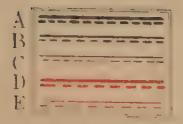
Vicia Faba.



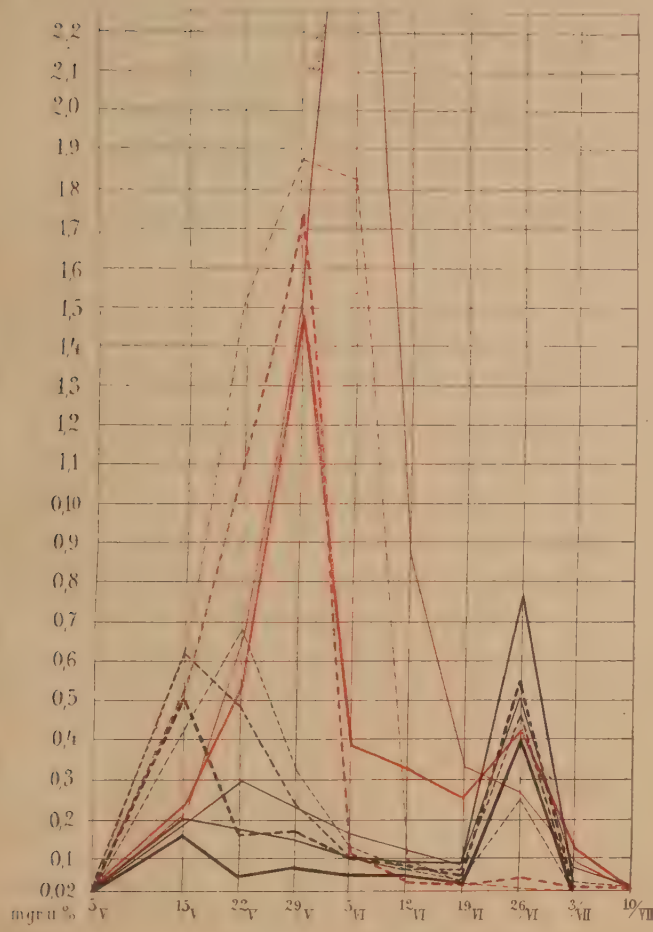
Brassica Napus oleifera annua.

Übersicht über den absoluten und procentischen Nitratgehalt [N_2O_5] bei

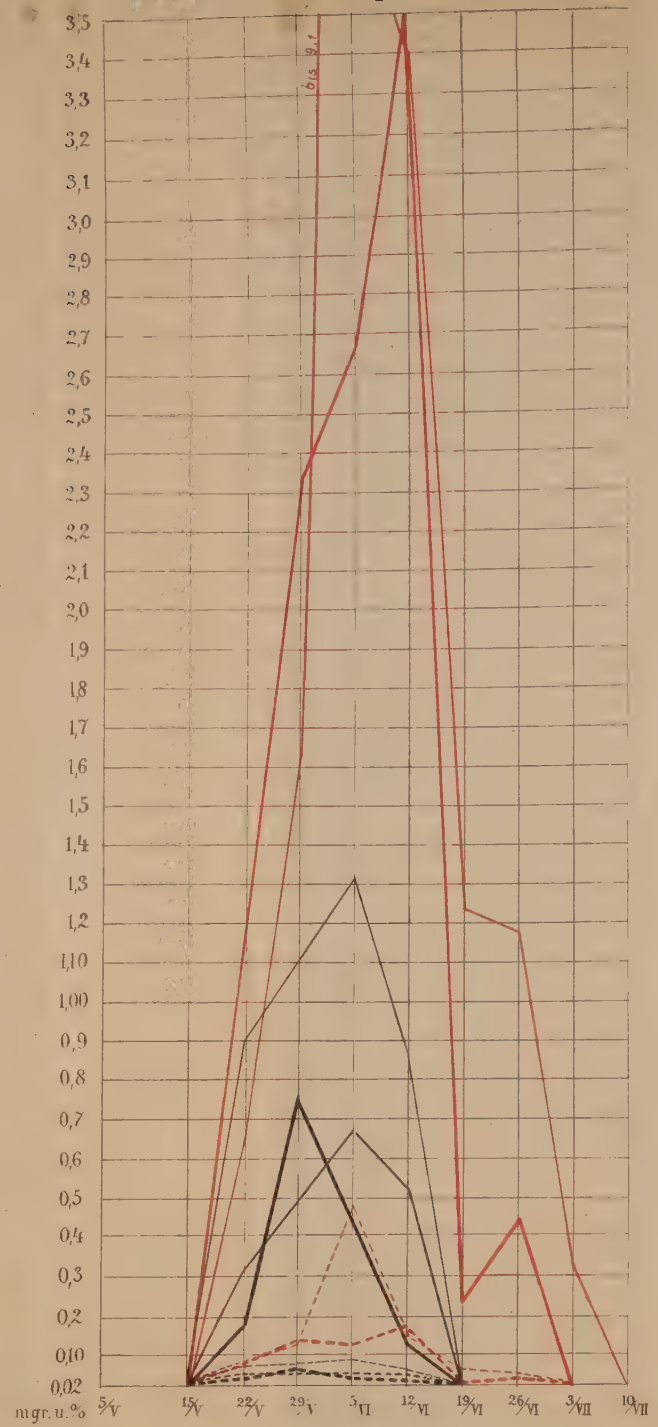
Tab. E



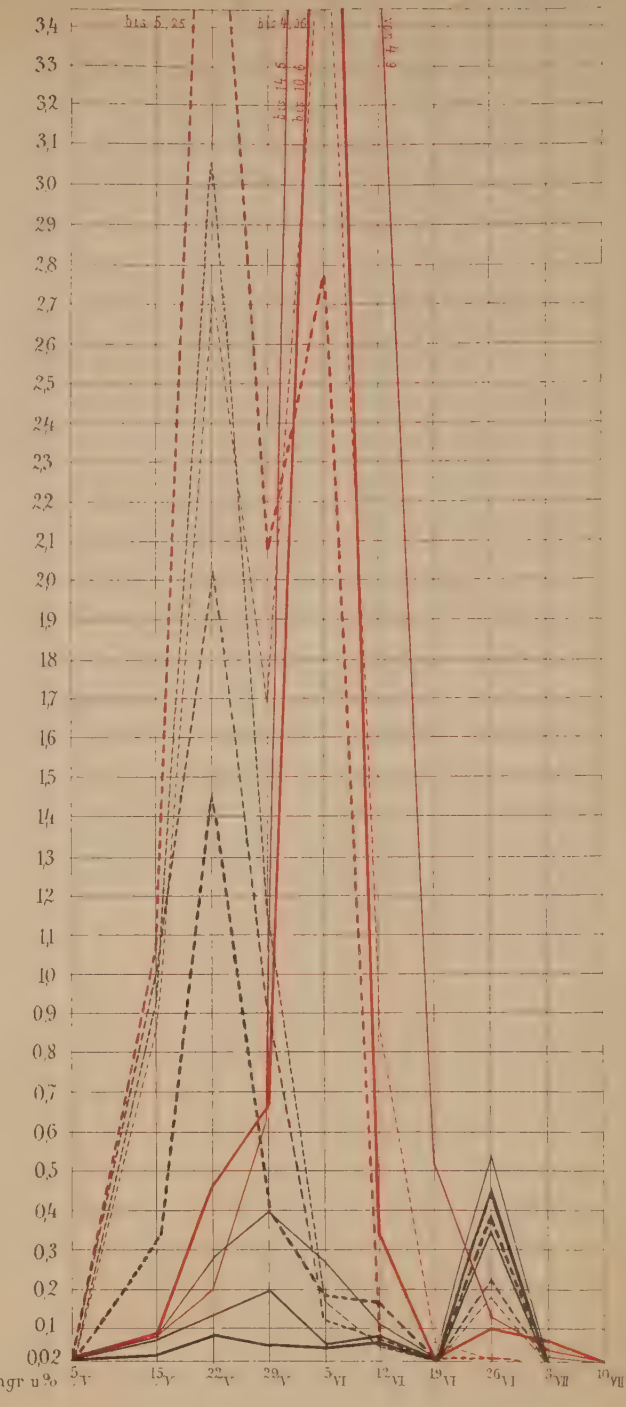
volle Linien = absolut. Gehalt
punktierte Linien = % Gehalt



Hordeum vulgare.



Vicia Faba.



Brassica Napus oleifera annua.

Übersicht

über

1896

	22./VI.								30./VI.										10./VII.										20./VII.
Niederschlag in mm	2,9	0	0,1	1,5	1,3	0	0	12,1	19,1	2,2	5,5	17,0	2,6	6,5	0	0	0	0	10,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mittlere Temperatur nach Celsius	14	14	16	15	14	16	15	14	12	15	12	12	13	13	13	18	12	21	22	16	12	16	19	17	22	20	22	18	20
absolute Feuchtigkeit	9	8	10	9	10	11	10	8	9	9	8	10	10	9	10	11	12	13	15	10	10	12	13	10	9	14	14	12	14
Sonnenschein in Std.	10	6	8	8	13	14	5	7	3	3	0	2	1	3	2	14	11	11	4	13	7	6	15	13	13	5	7	7	9

											31./VII.										10./VIII.									
Niederschlag in mm	0	0	0	0	0	0	0	1,7	51,6	4,0	5,7	0,2	0,8	11,0	0,9	0	0	0,9	0,7	0	0	0	6,7	0,9	1,2	2,6	3,4	0,2	0	0
mittlere Temperatur nach Celsius	19	22	16	16	15	18	19	23	17	18	18	19	17	16	16	17	15	15	15	15	15	14	17	15	17	15	12	13	16	14
absolute Feuchtigkeit	13	13	9	10	10	12	11	11	13	13	12	13	13	10	9	10	9	11	10	8	9	10	12	11	10	10	10	10	10	10
Sonnenschein in Std.	2	8	9	5	3	5	10	6	0	0	0	12	1	1	3	9	6	2	2	13	17	11	1	3	4	5	6	10	2	2

1897

	5./V.					10./V.										20./V.											31./V.		
Niederschlag in mm	0	4,6	1,1	0	9,8	1,0	6,1	1,3	11,2	0	0,2	0	0	0	0	0	5,3	0,7	2,0	0	0	0	0	23,0	1,8	0	0	0	0
mittlere Temperatur nach Celsius	10	8	8	9	8	7	4	5	6	9	10	13	14	13	15	12	10	10	10	10	12	12	12	13	14	18	17	17	19
absolute Feuchtigkeit	6	6	6	6	7	5	5	5	6	6	7	9	10	8	8	6	7	9	9	7	8	7	7	11	10	10	10	12	12
Sonnenschein in Std.	13	8	8	11	8	2	1	5	3	9	?	11	14	13	13	15	5	0	0	0	11	10	13	0	9	14	14	10	4

								10./VI.										20./VI.										30./VI.		
Niederschlag in mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0	0	2,7	0	12,2	21,7	8,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mittlere Temperatur nach Celsius	17	17	19	20	13	10	11	13	14	18	22	23	15	18	13	13	12	12	15	17	22	20	17	15	19	17	22	23	21	16
absolute Feuchtigkeit	12	13	13	11	8	6	6	7	9	10	12	12	9	9	7	7	8	8	10	11	12	12	13	9	9	9	11	14	13	10
Sonnenschein in Std.	2	1	8	13	11	11	10	12	14	15	14	14	8	8	7	3	1	3	11	13	9	14	3	15	15	13	11	6	11	9

Tab. G.

Vicia faba.

nach 45 Vegetationstagen.